



การวางแผนอพยพรถยนต์เมื่อเกิดอุทกภัย กรณีศึกษาในเมืองหาดใหญ่
Cars Evacuation Plan in the Event of Flooding: A Case Study of Urban Hat Yai

จिरสุข พานิชกุล
Jirasuk Panitchkul

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและระบบ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements for the Degree
of Master of Engineering in Industrial and Systems Engineering
Prince of Songkla University

2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



การวางแผนอพยพรถยนต์เมื่อเกิดอุทกภัย กรณีศึกษาในเมืองหาดใหญ่
Cars Evacuation Plan in the Event of Flooding: A Case Study of Urban Hat Yai

จिरสุช พานิชกุล
Jirasuk Panitchkul

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและระบบ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements for the Degree
of Master of Engineering in Industrial and Systems Engineering
Prince of Songkla University

2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การวางแผนอพยพรถยนต์เมื่อเกิดอุทกภัย กรณีศึกษาในเมืองหาดใหญ่
 ผู้เขียน นางสาวจิรสุข พานิชกุล
 สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการและระบบ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

คณะกรรมการสอบ

.....
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วณัฐมพงษ์ คงแก้ว)

.....ประธานกรรมการ
 (รองศาสตราจารย์ ดร.นิกร ศิริวงศ์ไพศาล)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....กรรมการ
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วณัฐมพงษ์ คงแก้ว)

.....
 (รองศาสตราจารย์ ดร.เสกสรร สุธรรมานนท์)

.....กรรมการ
 (รองศาสตราจารย์ ดร.เสกสรร สุธรรมานนท์)

.....กรรมการ
 (รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิต เฉลิมยานนท์)

.....กรรมการ
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุมพล ยวงใย)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็น
 ส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาห
 การและระบบ

.....
 (ศาสตราจารย์ ดร.ดำรงศักดิ์ ฟ้ารุ่งแสง)
 คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มี
ส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วณิชฌพงษ์ คงแก้ว)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลงชื่อ

(รองศาสตราจารย์ ดร.เสกสรร สุธรรมานนท์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ลงชื่อ

(นางสาวจิรสุข พานิชกุล)

นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และ
ไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ

(นางสาวจิรสุข พานิชกุล)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ การวางแผนอพยพรถยนต์เมื่อเกิดอุทกภัย กรณีศึกษาในเมืองหาดใหญ่
ผู้เขียน นางสาวจิรสุข พานิชกุล
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการและระบบ
ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งประสบปัญหาภัยพิบัติทางธรรมชาติบ่อยครั้ง โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและสร้างความเสียหายแก่ประชาชนมากขึ้น ส่งผลให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องรวมทั้งประชาชนมีการเตรียมรับมือ เพื่อบรรเทาความเสียหายจากภัยพิบัติที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต เหตุการณ์อุทกภัยครั้งใหญ่ในพื้นที่เขตเทศบาลนครหาดใหญ่ เมื่อปี พ.ศ. 2543 และ พ.ศ. 2553 เป็นภัยพิบัติที่สร้างความเสียหายแก่ประชาชนและระบบเศรษฐกิจของท้องถิ่นเป็นอย่างมาก นอกจากนี้รถยนต์เป็นทรัพย์สินหนึ่งที่ได้รับ ความเสียหายหลังจากน้ำท่วม แนวทางหนึ่งในการเตรียมรับภัยพิบัติ คือ การวางแผนอพยพรถยนต์ เมื่อเกิดอุทกภัยในอนาคต

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแผนการจัดการอพยพรถยนต์ที่เหมาะสม ซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การประเมินการอพยพรถยนต์ในสถานการณ์ปัจจุบัน ที่เกี่ยวข้องกับการรวบรวมข้อมูลและการประเมินปริมาณความต้องการในการอพยพรถยนต์ ความจุในการรองรับรถยนต์ของจุดอพยพรถยนต์ และประเมินระยะทางรวมทั้งหมดในการอพยพรถยนต์ไปยังจุดอพยพรถยนต์ที่ทางเทศบาลนครหาดใหญ่เปิดให้บริการ 13 จุดจอด และจุดจอดอื่น ๆ ส่วนที่ 2 การพัฒนาแบบจำลองการอพยพรถยนต์ทางเลือก ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอจำนวน 3 ทางเลือกที่พิจารณาเงื่อนไขด้านความสูงเหนือระดับน้ำทะเล ลักษณะของการจราจร และลักษณะของถนน โดยประยุกต์ใช้ตัวแบบการหาทำเลที่ตั้งแบบมีข้อจำกัดด้านขีดความสามารถเพื่อจำลองแผนการอพยพ นอกจากนี้ ในการค้นหาคำตอบ จะใช้เครื่องมือฟรีเมียม โซลเวอร์ แพลตฟอรม์ ในโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอ็กเซล เพื่อหาระยะทางในการอพยพที่สั้นที่สุดจากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ที่เปิดให้บริการ และเปรียบเทียบทางเลือก จากผลการทดลอง พบว่า แผนการอพยพรถยนต์ที่ได้รับเลือกสามารถลดระยะทางรวมทั้งหมดในการอพยพรถยนต์จากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ จาก 1,426,428.65 กิโลเมตร เป็น 479,512.40 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 66.38 และสามารถอพยพรถยนต์ได้เพิ่มขึ้นจาก 85,530 คัน เป็น 116,758 คัน คิดเป็นร้อยละ 36.51

Thesis Title	Cars Evacuation Plan in the Event of Flooding: A Case Study of Urban Hat Yai
Author	Miss Jirasuk Panitchkul
Major Program	Industrial and Systems Engineering
Academic Year	2017

ABSTRACT

Thailand usually experience natural disasters which have an increasing trend and a cause of damage to people. The relevant agencies for evacuation and the people should be also prepared to cope and alleviate the damage occurring in the future. For Songkhla province, one of major disaster is flooding and it is mostly occurred in the Hat Yai municipality. In 2000 and 2010, the flooding causes damage to people and urban economy systems. In addition, cars are one of major asset that has been destroyed after flooding. A way to tackle a disaster is to set a plan for car evacuation in future flood events.

This research aims to find the suitable car evacuation plan. This work was divided into two sections. The first section was the evaluation of the current car evacuation plan (called As-Is), including the data collection and the assessment of demand to evacuate, the capacity of car evacuation centers, and the total distance of the current evacuation plan to evacuate car from the community to the parking lots (13 parking lots) and other parking in Hat Yai. The second one was the development of alternative car evacuation model (called To-Be). In this work, there were three scenarios with conditions of metres above sea level, traffic characteristics, and road characteristics. The capacitated facility location problem (CFLP) was applied to simulate the evacuation plan. In addition, the Premium Solver Platform embedded in Microsoft Excel was used to find the shortest evacuated distance from 103 communities to the parking lots. The comparison of scenarios was done to select the promising evacuation plan. As a result, with the selected plan, it showed that the total distance of car evacuation from 103 communities to parking lots was reduced from 1,424,428.65 kilometers to 479,512.40 kilometers (decreased by 66.38 percent), and the cars has been evacuated from 85,308 cars to 116,758 cars (increased by 36.51 percent).

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคล และหน่วยงานต่าง ๆ ที่ได้กรุณาให้ข้อมูล คำปรึกษาแนะนำ และช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งในด้านวิชาการ และด้านการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วณิชฐพงษ์ คงแก้ว และรองศาสตราจารย์ ดร.เสกสรร สุธรรมานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาในการทำวิจัยตลอดมา ทั้งด้านแนวคิด ด้านความรู้ต่าง ๆ อีกทั้งคอยให้กำลังใจ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์

คณะกรรมการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร.นิกร ศิริวงศ์ไพศาล รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิต เฉลิมยานนท์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุมพล ยวงใย ที่ให้ข้อเสนอแนะที่มีค่าและเป็นประโยชน์ต่อการแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิต เฉลิมยานนท์ ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยภัยพิบัติทางธรรมชาติภาคใต้ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้คำแนะนำ และอนุเคราะห์ข้อมูลสำหรับติดต่อสถานที่อพยพรถยนต์ที่ทางเทศบาลนครหาดใหญ่เปิดให้บริการ 13 จุดจอด

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ทุนอุดหนุน และส่งเสริมการทำวิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาโท ปีการศึกษา 2557

ขอกราบขอบพระคุณพระคุณครูอาจารย์ทั้งในอดีต และปัจจุบันที่ได้ให้การอบรมสั่งสอน ให้ความรู้แก่ผู้วิจัย ซึ่งส่งผลให้ผู้วิจัยสามารถมาถึงจุดสำเร็จของชีวิตระดับหนึ่ง

ท้ายสุดผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้ความรัก อบรมเลี้ยงดู ส่งเสริมการศึกษา และช่วยเหลือด้านต่าง ๆ อีกทั้งเพื่อน ๆ นักศึกษาปริญญาโททุกท่านที่คอยให้กำลังใจ คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือจนประสบความสำเร็จเช่นวันนี้

จิรสุข พานิชกุล

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	(5)
Abstract	(6)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
รายการตาราง	(10)
รายการรูปภาพ	(12)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	6
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	6
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	7
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
2.1 ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	8
2.2 ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการที่เหมาะสม	8
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	19
3.1 สํารวจและรวบรวมข้อมูล	20
3.1.1 ข้อมูลประชากรและการแบ่งพื้นที่กรณีศึกษา	20
3.1.2 ออกแบบแบบสอบถาม สำหรับลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูล	26
3.1.3 จำนวนรถยนต์ในพื้นที่กรณีศึกษา	28
3.1.4 ข้อมูลพื้นที่กรณีศึกษาที่ได้รับผลกระทบจากอุทกภัย	28
3.1.5 ข้อมูลความจำเป็นในการอพยพรถยนต์ไปยังพื้นที่ไม่ประสบอุทกภัย	30
3.1.6 ข้อมูลการอพยพรถยนต์ไปยังศูนย์บรรเทาภัยพิบัติ เมื่อประสบอุทกภัยใน ปี 2553	31
3.2 ประเมินการอพยพรถยนต์ในสถานการณ์ปัจจุบัน	33
3.3 พัฒนาแบบจำลองการอพยพรถยนต์ไปยังศูนย์บรรเทาภัยพิบัติ	34
3.4 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบแบบจำลองในรูปแบบต่าง ๆ	34
3.5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะในการอพยพรถยนต์เมื่อเกิดอุทกภัยจริง	34
บทที่ 4 ประเมินการอพยพรถยนต์ในสถานการณ์ปัจจุบัน	35
4.1 การประเมินปริมาณความต้องการในการอพยพรถยนต์	35
4.2 การประเมินความจุในการรองรับรถยนต์ของจุดอพยพรถยนต์	35
4.2.1 ประเมินความจุในการรองรับรถยนต์ของสวนสาธารณะเทศบาลนครหาดใหญ่	35

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.2.2 ประเมินความจุในการรองรับรถยนต์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	36
4.3 การประเมินการอพยพรถยนต์ไปยังจุดอพยพรถยนต์ในสภาพปัจจุบัน	40
4.3.1 การประเมินการอพยพรถยนต์ไปยังจุดอพยพรถยนต์ที่เปิดให้บริการทั้งหมด 13 จุด	40
4.3.2 การประเมินการอพยพรถยนต์ไปยังจุดอพยพรถยนต์อื่นๆ จากแบบสอบถาม	47
บทที่ 5 การพัฒนาแบบจำลองทางเลือกในการอพยพรถยนต์	51
5.1 การประยุกต์แบบจำลองการหาทำเลที่ตั้งแบบมีข้อจำกัดด้านขีดความสามารถในการอพยพรถยนต์	52
5.2 วิเคราะห์ผลโดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ CFLP และข้อเสนอทางเลือกปรับปรุง	54
5.2.1 ทางเลือกที่ 1: จุดอพยพรถยนต์จากสภาพปัจจุบัน 34 จุดจอด และหาจุดอพยพรถยนต์เพิ่มจากเส้นทางถนน 32 จุดจอด โดยพิจารณาถนน 2 และ 4 เลน	54
5.2.2 ทางเลือกที่ 2: การใช้จุดอพยพรถยนต์ของทางเลือกที่ 1 โดยพิจารณาเพียงถนน 4 เลน รวมจุดอพยพรถยนต์ 48 จุดจอด	60
5.2.3 ทางเลือกที่ 3: การหาจุดอพยพรถยนต์เพิ่ม จากจุดอพยพรถยนต์ของทางเลือกที่ 2	65
5.3 การวิเคราะห์ความไว	72
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	73
6.1 การศึกษาการอพยพรถยนต์จากสภาพปัจจุบัน	73
6.2 การประเมินการอพยพรถยนต์ในสภาพปัจจุบัน	73
6.3 การพัฒนาแบบจำลองทางเลือกในการอพยพรถยนต์	74
6.4 การวิเคราะห์ความไว	75
6.5 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต	75
บรรณานุกรม	77
ภาคผนวก ก	79
ภาคผนวก ข	85
ภาคผนวก ค	90
ภาคผนวก ง	98
ภาคผนวก จ	104
ประวัติผู้เขียน	110

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 สถิติภัยพิบัติในประเทศไทย แบ่งตามประเภทภัยพิบัติ	2
1.2 เปรียบเทียบปริมาณฝนและความเสียหายจากอุทกภัย พื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่	4
1.3 สถิติจำนวนรถจดทะเบียนใหม่ตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ (รถป้ายแดง และรถใช้แล้ว, คัน)	5
3.1 ข้อมูลชุมชนและประชากรในพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่	21
3.2 จำนวนขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ต้องเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามในแต่ละเขตพื้นที่การศึกษา	27
3.3 จำนวนรถยนต์ในสภาพปัจจุบันของแต่ละเขตพื้นที่การศึกษา	28
3.4 สัดส่วนจำนวนครัวเรือนที่ประสบปัญหาอุทกภัยในเขตพื้นที่การศึกษาในปี 2553	29
4.1 พื้นที่จอดรถยนต์ส่วนกลางของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	37
4.2 ข้อมูลความจุในการรองรับรถยนต์ของจุดอพยพรถยนต์ (ศูนย์บรรเทาภัยพิบัติที่มีอยู่ในปัจจุบัน) ในพื้นที่การศึกษา	39
4.3 จำนวนแบบสอบถามที่ได้มาจากการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง	41
4.4 จำนวนประชากรจริงที่คำนวณมาจากขนาดกลุ่มตัวอย่าง	42
4.5 การคำนวณจำนวนรถยนต์ที่ทำการอพยพ	43
4.6 ตารางระยะทางระหว่างชุมชนไปยังจุดอพยพรถยนต์ที่เปิดให้บริการ	44
4.7 ระยะทางในการอพยพรถยนต์จากชุมชนต่าง ๆ ไปยังจุดอพยพที่เปิดให้บริการ	46
4.8 ระยะทางรวมทั้งหมด ของแต่ละเขตพื้นที่การศึกษาในการอพยพรถยนต์ไปยังจุดจอดที่เปิดให้บริการทั้ง 13 จุดจอด	47
4.9 จุดอพยพรถยนต์อื่นๆ ที่ประชาชนเลือกอพยพรถยนต์ เมื่อเกิดอุทกภัย ปี 2553	48
4.10 การอพยพรถยนต์จากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์อื่น ๆ 31 จุด	49
4.11 ระยะทางรวมทั้งหมด ของแต่ละเขตพื้นที่การศึกษาในการอพยพรถยนต์ไปยังจุดจอดอื่น ๆ ทั้ง 31 จุดจอด	50
4.12 ระยะทางรวมทั้งหมด ของแต่ละเขตพื้นที่การศึกษาในการอพยพรถยนต์ไปยังจุดจอดที่เปิดให้บริการ 13 จุดจอด จุดจอดอื่น ๆ 31 จุดจอด และ ค่าปรับระยะทางกรณีรถยนต์ที่ไม่ได้อพยพ (รถจมน้ำ)	50
5.1 จุดอพยพรถยนต์ของที่ทางเลือกที่ 1 จำนวน 66 จุดจอด	54
5.2 ระยะทางระหว่างชุมชน 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ 37 จุดจอด	58
5.3 จำนวนรถยนต์แต่ละชุมชนที่อพยพมายังจุดอพยพรถยนต์ 66 จุดจอด	59
5.4 จุดอพยพรถยนต์และความจุในการรองรับรถยนต์ทั้ง 48 จุดจอด	60
5.5 ระยะทางระหว่างชุมชน 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ 48 จุดจอด	63
5.6 จำนวนรถยนต์แต่ละชุมชนที่อพยพมายังจุดอพยพรถยนต์ 48 จุดจอด และคัมมี้ของจุดอพยพรถยนต์	64

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.7 จุดอพยพพรณต์และความจุในการรองรับรณต์ทั้ง 60 จุดจอด	66
5.8 ระยะทางระหว่างชุมชน 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพพรณต์ 60 จุดจอด	69
5.9 จำนวนรณต์แต่ละชุมชนที่อพยพมายังจุดอพยพพรณต์ 60 จุดจอด	70
5.10 ระยะทางรวมทั้งหมดของการอพยพพรณต์จากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพ รณต์ของทางเลือกต่าง ๆ	71
5.11 ระยะทางรวมทั้งหมดของการอพยพพรณต์จากการวิเคราะห์ความไว	72
ก.1 ข้อมูลชุมชนและประชากรในพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่	80
ค.1 ตารางเมตริกซ์ของระยะทางระหว่างชุมชนกับจุดจอดรณต์ที่เทศบาลนครหาดใหญ่เปิด ให้บริการ 13 จุดจอด	91
ง.1 จำนวนแบบสอบถามในการลงพื้นที่กรณีศึกษา ในการอพยพพรณต์ของแต่ละชุมชนไปยัง จุดอพยพพรณต์ทั้งหมด 31 จุดจอด	96
ง.2 ตารางที่ 4.11 การคำนวณขนาดประชากรจริง (ครัวเรือน) จากขนาดกลุ่มตัวอย่าง (แบบสอบถาม)	97
ง.3 จำนวนรณต์ของแต่ละชุมชนในการอพยพพรณต์ไปยังจุดอพยพ 31 จุดจอด	98
ง.4 ระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างชุมชนไปยังจุดอพยพอื่น ๆ	99
ง.5 คำนวณระยะทางที่สั้นที่สุดในการอพยพพรณต์จากชุมชนต่าง ๆ ไปยังจุดอพยพ อื่น ๆ	100
จ.1 แผนการอพยพพรณต์จากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพพรณต์ของ ทางเลือกที่ 3	102

รายการรูป

รูปที่	หน้า
1.1 จำนวนประชากรในประเทศต่างๆที่ประสบอุทกภัย	1
1.2 มูลค่าความเสียหายทางเศรษฐกิจของประเทศต่างๆที่ประสบอุทกภัย	2
1.3 แผนที่เขตเทศบาลนครหาดใหญ่ แบ่งออกเป็น 4 เขต	3
3.1 ขั้นตอนการวิจัย	19
3.2 ขอบเขตพื้นที่กรณีศึกษา	20
3.3 จุดอพยพรถยนต์เมื่อเกิดอุทกภัยของเทศบาลนครหาดใหญ่	26
3.4 แผนที่เขตเทศบาลนครหาดใหญ่	29
3.5 ความจำเป็นในการอพยพรถยนต์ไปยังจุดที่ไม่ประสบปัญหาอุทกภัย	30
3.6 สาเหตุที่ไม่จำเป็นในการอพยพรถยนต์ไปยังจุดที่ไม่ประสบปัญหาอุทกภัย	31
3.7 การอพยพรถยนต์ไปยังศูนย์บรรเทาภัยพิบัติ	32
3.8 จำนวนรถยนต์ในแต่ละเขตที่อพยพมายังจุดจอดที่เปิดให้บริการทั้งหมด 13 จุด	33
4.1 ผังที่จอดรถยนต์ตั้งฉาก	36
4.2 แผนที่พื้นที่จอดรถยนต์ส่วนกลางของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	38
4.3 แผนที่สำรวจลานว่างและเส้นทางการสัญจรจอดรถยนต์ในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	39
4.4 การหาระยะทางที่สั้นที่สุดใน Google Maps	45
5.1 ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองการอพยพและทางเลือกปรับปรุงต่างๆ	51
5.2 เครื่องมือฟรีเมียม โซลเวอร์ แพลตฟอร์ม ที่ทำงานบน ไมโครซอฟท์ เอ็กซ์เซล	53
5.3 แผนที่ของจุดอพยพรถยนต์ของทางเลือกที่ 1 จำนวน 66 จุดจอด	57
5.4 ผลการเลือกจุดอพยพรถยนต์ทั้ง 66 จุดจอด	58
5.5 แผนที่ของจุดอพยพรถยนต์ที่ลดลงเหลือ 48 จุดจอด	62
5.6 ผลการเลือกจุดอพยพรถยนต์ทั้งหมด 48 จุดจอด และดัมมี่ของจุดอพยพรถยนต์	64
5.7 แผนที่ของจุดอพยพรถยนต์ที่ทำการสำรวจเพิ่ม 60 จุดจอด	68
5.8 ผลการเลือกจุดอพยพรถยนต์ทั้งหมด 60 จุดจอด	70

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

ภัยพิบัติ (Disaster) เป็นภัยที่เกิดขึ้นแก่สาธารณชน ได้แก่ อัคคีภัย วาตภัย อุทกภัย สึนามิ ตลอดจนภัยอื่นๆ อันเป็นสาธารณะ ไม่ว่าจะเกิดจากธรรมชาติหรือมีผู้กระทำให้เกิดขึ้น ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายแก่ชีวิตร่างกายของประชาชน หรือความเสียหายแก่ทรัพย์สินของประชาชนหรือของรัฐ (พ.ร.บ. ป้องกันภัยฝ่ายพลเรือน, 2522) ภัยพิบัติสามารถแบ่งตามสาเหตุของการเกิดเป็น 2 ประเภท คือ ภัยพิบัติธรรมชาติ (Natural Disaster) เช่น อุทกภัย วาตภัย ดินโคลนถล่ม ภัยแล้ง แผ่นดินไหว ไฟป่า คลื่นสึนามิ เป็นต้น และ ภัยพิบัติจากการกระทำของมนุษย์ (Man-made Disaster) เช่น อัคคีภัย ภัยจากการจราจรและคมนาคมขนส่ง ภัยจากสารเคมี และวัตถุอันตราย ภัยจากการทำงาน ภัยจากเทคโนโลยีสารสนเทศ เป็นต้น

จากข้อมูลสถิติของ UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction) พบว่าคนไทยต้องประสบอุทกภัยสูงเป็นอันดับที่ 7 ของโลกจาก 162 ประเทศ แสดงดังรูปที่ 1.1 รวมทั้งได้รับความเสียหายทางเศรษฐกิจจากอุทกภัยมากเป็นอันดับ 8 ของโลก แสดงดังรูปที่ 1.2

Average people exposed per year	Country
1	Bangladesh
2	India
3	China
4	Viet Nam
5	Cambodia
6	Indonesia
7	Thailand
8	Philippines
9	Pakistan
10	Myanmar
11	United States of America
12	Nepal
13	Brazil
14	Russian Federation
15	Nigeria

รูปที่ 1.1 จำนวนประชากรในประเทศต่างๆที่ประสบอุทกภัย
ที่มา: UNISDR (2009) สืบค้นจาก

(<http://www.preventionweb.net/english/hazards/statistics/risk.php?hid=62>)

Average GDP ¹ exposed per year		Country
1		21.86 United States of America
2		12.58 China
3		9.74 Bangladesh
4		9.39 India
5		4.72 Germany
6		4.56 Japan
7		4.17 France
8		3.09 Thailand
9		2.57 Philippines
10		2.21 Viet Nam
11		2.18 Argentina
12		1.98 United Kingdom
13		1.84 Spain
14		1.82 Netherlands
15		1.76 Canada

รูปที่ 1.2 มูลค่าความเสียหายทางเศรษฐกิจของประเทศต่างๆที่ประสบอุทกภัย
ที่มา: UNISDR (2009) สืบค้นจาก

(<http://www.preventionweb.net/english/hazards/statistics/risk.php?hid=62>)

ภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นในประเทศไทยมีอยู่หลายรูปแบบที่สำคัญและสร้างความเสียหายได้อย่างมาก คือ วาตภัย อุทกภัย อัคคีภัย และแผ่นดินไหว ซึ่งวาตภัยและอุทกภัย มีสาเหตุหลักมาจากพายุหมุนเขตร้อน และพายุฝนฟ้าคะนองรุนแรง ในขณะที่อัคคีภัยและภัยจากการคมนาคมขนส่ง มนุษย์มีส่วนกระทำให้เกิดขึ้น ความเสียหายจากภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นกับประชาชนในประเทศไทย แสดงดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 สถิติภัยพิบัติในประเทศไทย แบ่งตามประเภทภัยพิบัติ

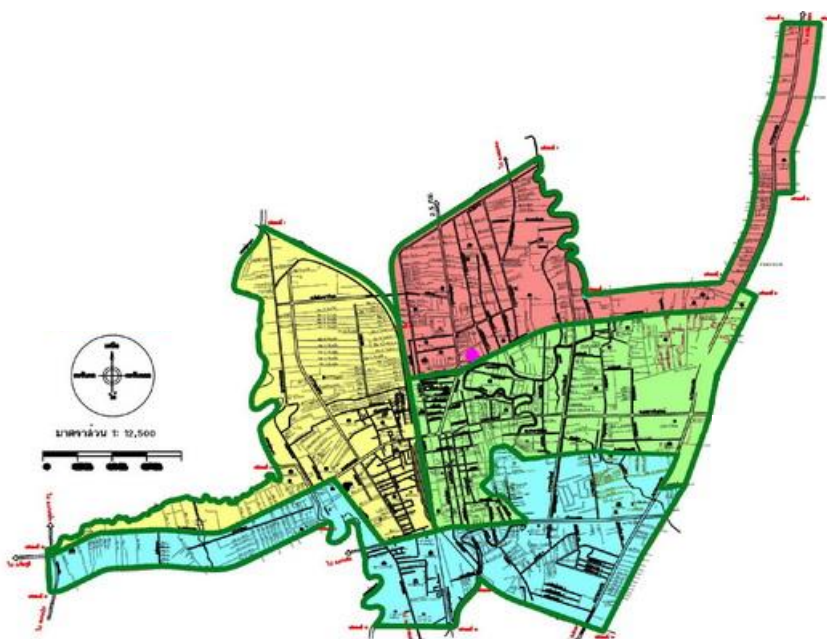
ประเภทภัยพิบัติ (ช่วงเวลา)	จำนวนครั้ง	ความเสียหาย		
		บาดเจ็บ (คน)	เสียชีวิต (คน)	มูลค่า (ล้านบาท)
อุทกภัย (2532-2554)	มากกว่า 40,000	มากกว่า 2,000	มากกว่า 2,000	12,591,810
สึนามิ (2547)	1	11,775	5,401	44,491
ดินโคลนถล่ม (2531-2555)	35	มากกว่า 500	541	มากกว่า 2,053
วาตภัย (2532-2552)	36,024	1,367	842	505,155
อัคคีภัย (2532-2552)	46,986	3,775	1,635	2,441,861
ภัยแล้ง (2532-2552)	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	1,331,474
ภัยจากการคมนาคมและขนส่ง (2532-2552)	1,771,018	1,135,923	248,357	39,762
ภัยจากไฟฟ้า (2541-2552)	60,307	กินพื้นที่ประมาณ 60 จังหวัด มีพื้นที่เสียหายรวม 1,027,288 ไร่		

ที่มา: สุขภาพคนไทย. 2556. ประเทศไทยในสถานการณ์ภัยพิบัติ. สืบค้นจาก

http://www.hiso.or.th/hiso/picture/reportHealth/ThaiHealth2013/thai2013_15.pdf

จากตารางที่ 1.1 แสดงประเภทของภัยพิบัติที่ส่งผลต่อมูลค่าความเสียหายมากที่สุด คือ อุทกภัย ที่มีมูลค่าสูงถึง 12,591,810 ล้านบาท โดยข้อมูลจากกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย (สุภาพคนไทย, 2556) ระบุว่า ในช่วงระหว่างปี 2532-2553 ประเทศไทยได้รับความเสียหายจากน้ำท่วมรวมมูลค่า 1.3 แสนล้านบาท แต่ปีที่ได้รับ ความเสียหายมากที่สุดคือ พ.ศ.2554 ซึ่งธนาคารโลก ประเมินความเสียหายไว้ประมาณ 1.42 ล้านล้านบาท

เมื่อพิจารณาการปกครองระดับภูมิภาคของประเทศไทย พบว่าการปกครองระดับเทศบาลนคร เป็นองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นสำหรับเมืองขนาดใหญ่ที่มีประชากรตั้งแต่ 50,000 คนขึ้นไป ซึ่งเทศบาลนครหาดใหญ่ เป็นเทศบาลที่ใหญ่เป็นอันดับต้น ๆ ของประเทศไทย มีพื้นที่ 21 ตารางกิโลเมตร มีประชากรทั้งสิ้น 149,293 คน เป็นชาย 68,886 คน หญิง 80,407 คน จำนวนครัวเรือน 64,774 ครัวเรือน (ข้อมูล ณ ตุลาคม 2559) แบ่งเป็น 103 ชุมชน ความหนาแน่นของประชากร 7,529 คนต่อตารางกิโลเมตร (บริเวณกลางเมืองความหนาแน่นถึง 20,000 คนต่อตารางกิโลเมตร) แสดงดังรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 แผนที่เขตเทศบาลนครหาดใหญ่ แบ่งออกเป็น 4 เขต

ที่มา: เทศบาลนครหาดใหญ่ สืบค้นจา <http://www.hatyacity.go.th/news/detail/1144>

พื้นที่ของเทศบาลนครหาดใหญ่แบ่งพื้นที่สำหรับการอพยพน้ำท่วมออกเป็น 4 เขต ประกอบด้วย เขตที่ 1 มีชุมชนทั้งหมด 28 ชุมชน เขตที่ 2 มีชุมชนทั้งหมด 27 ชุมชน เขตที่ 3 มีชุมชนทั้งหมด 27 ชุมชน และเขตที่ 4 มีชุมชนทั้งหมด 21 ชุมชน ซึ่งชุมชนทั้งหมดของพื้นที่ทั้ง 4 เขต บางพื้นที่ประสบปัญหาน้ำท่วม และไม่ประสบปัญหาน้ำท่วม เนื่องจากเทศบาลนครหาดใหญ่ตั้งอยู่ในพื้นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง ล้อมรอบด้วยภูเขา เป็นทางผ่านของคลองอู่ตะเภา อยู่ในเขตฝนตกชุก และมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกระบวนการพัฒนาเมือง เป็นต้น

เทศบาลนครหาดใหญ่มักจะเกิดน้ำท่วมในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคมของทุกปี โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในช่วงเดือนพฤศจิกายน เทศบาลนครหาดใหญ่เคยเกิดน้ำท่วมหนัก เมื่อปี พ.ศ. 2531 ปีพ.ศ. 2543 และปีพ.ศ. 2553 และมีมูลค่าความเสียหาย 4,000 14,000 และ 10,490 ล้านบาท ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 เปรียบเทียบปริมาณฝนและความเสียหายจากอุทกภัย พื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่

รายการ	ปีพ.ศ. 2531	ปีพ.ศ. 2543	ปีพ.ศ. 2552	ปีพ.ศ. 2553	ปีพ.ศ. 2554	
						ช่วงที่ 1 (6-8 พ.ย.)
ฝนสะสม 2 วัน (ลบ.ม.)	315.1	462.8	314.8	258.0	478.6	351.8
ฝนสะสม 3 วัน (ลบ.ม.)	-	597.5	372.4	353.0	483.3	375.0
ความเสียหาย (ล้านบาท)	4,000.0	14,000.0	180.0	60.0	10,490.0	*
สภาพน้ำท่วม	น้ำท่วมเมืองหาดใหญ่		น้ำไม่ท่วมเมือง หาดใหญ่	น้ำท่วมเมือง หาดใหญ่	น้ำไม่ท่วมเมือง หาดใหญ่	

ที่มา: กรมชลประทาน. โครงการบรรเทาอุทกภัยอำเภอหาดใหญ่(ระยะที่ 2) จังหวัดสงขลา สืบค้นจาก (<http://kromchol.rid.go.th/lproject/lsp11/2014/index.php/example-pages/29-hadyai>)

จากตารางที่ 1.2 พบว่าปีพ.ศ. 2554 มีมูลค่าความเสียหายที่สูงที่สุด 14,000 ล้านบาท รวมไปถึงทรัพย์สินส่วนบุคคล อันได้แก่ รถยนต์ รถจักรยานยนต์ และเครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งรถยนต์เป็นทรัพย์สินที่ได้รับความเสียหายที่มีมูลค่าสูง โดยแนวโน้มของการจดทะเบียนรถยนต์ในพื้นที่จังหวัดสงขลาลดลง แสดงดังตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 สถิติจำนวนรถจดทะเบียนใหม่ตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ (รถป้ายแดงและรถใช้แล้ว, คัน)

เดือน	จำนวนรถ ปี 2553	จำนวนรถ ปี 2554	จำนวนรถ ปี 2555	จำนวนรถ ปี 2556	จำนวนรถ ปี 2557
ตุลาคม	3,670	5,439	6,429	7,113	5,611
พฤศจิกายน	3,987	4,790	6,011	7,626	5,305
ธันวาคม	3,350	4,357	3,433	5,954	3,047
รวม 3 เดือน	11,007	14,586	15,873	20,693	13,963
มกราคม	5,374	5,452	4,506	6,731	4,566
กุมภาพันธ์	4,608	7,041	4,920	6,085	4,704
มีนาคม	5,207	7,216	6,897	6,515	4,546
รวม 6 เดือน	26,196	34,295	32,196	40,024	27,779
เมษายน	4,470	6,432	5,367	6,880	3,618
พฤษภาคม	4,586	6,441	7,164	5,528	3,630
มิถุนายน	5,852	7,901	7,615	6,236	4,279
รวม 9 เดือน	41,104	55,069	52,342	58,668	39,306
กรกฎาคม	6,104	6,575	7,395	6,191	4,243
สิงหาคม	6,118	6,510	6,805	4,987	3,772
กันยายน	6,173	7,292	7,407	6,544	4,809
รวม 12 เดือน	59,499	75,446	73,949	76,390	52,130
เพิ่มขึ้น/ลดลงจาก ปีก่อน (คัน)	13,260	15,947	-1,497	2,441	-21,819
เพิ่มขึ้น/ลดลงจาก ปีก่อน (%)	22.29	26.80	-1.98	3.30	-19.51

ที่มา: สำนักงานขนส่งจังหวัดสงขลา กรมการขนส่งทางบก กระทรวงคมนาคม. สืบค้นจาก
(<http://songkhla.dlt.go.th/2015/index.php>)

ในกรณีที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงน้ำท่วมได้ วิธีที่ดีที่สุดคือ การอพยพผู้คนและสิ่งของมีค่าออกจากบริเวณที่มีแนวโน้มจะเกิดน้ำท่วม วัตถุประสงค์หลักของการจัดการภัยพิบัติ คือการดำเนินการต่างๆ ในช่วงก่อน ระหว่าง และหลังเหตุการณ์ภัยพิบัติ เพื่อควบคุมภัยพิบัติ และจัดหากรอบให้ความช่วยเหลือบุคคล หรือชุมชนที่อยู่ในอันตราย ให้หลีกเลี่ยง ลด และฟื้นตัวจากผลกระทบจากภัยพิบัติ ภัยแล้งสำคัญที่จะทำให้แผนอพยพประสบความสำเร็จ คือ ขั้นตอนกระบวนการที่ใช้พัฒนาเตรียมการ การวางแผนเพื่อป้องกัน บรรเทา ฟื้นฟู สำหรับเหตุการณ์ภัยพิบัติที่อาจเกิดขึ้น โดยองค์ประกอบการวางแผนจะครอบคลุมถึงระบบการเตือนภัย การกำหนดเขตปลอดภัย บ้านพักผู้ประสบภัยหรือที่อยู่อาศัยชั่วคราว การอพยพย้ายที่อยู่อาศัยถาวร การจัดการหรือจัดหาเส้นทางไปสู่ที่ปลอดภัย การบริหารจัดการ การซักซ้อม การให้ความรู้ความเข้าใจในภัยพิบัติต่อประชาชนและผู้ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วมีการดำเนินการวางแผนเกี่ยวข้องใน 3 ระดับ ได้แก่ 1) การวางแผนเชิงกลยุทธ์ 2) การวางแผนเฉพาะกิจ และ 3) การวางแผนฉุกเฉิน ซึ่งทั้งหมดนี้จะต้องมีการดำเนินงานในลักษณะ

ผสมผสาน (Integration) ของกระบวนการ ทั้งก่อนและหลัง (Pre – Post) ตามลักษณะของความ เกี่ยวของสัมพันธ์ จึงจะประสบความสำเร็จได้

งานวิจัยนี้ศึกษาการวางแผนอพยพพลเรือนต์ กรณีเกิดภัยพิบัติน้ำท่วมในพื้นที่เทศบาลนคร หาดใหญ่ อำเภอเมืองหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา โดยการศึกษาศูนย์บรรเทาภัยพิบัติสำหรับอพยพ พลเรือนต์แต่ละเขตในอำเภอเมืองหาดใหญ่ ที่พิจารณาในด้านศักยภาพและความสามารถในการรองรับ พลเรือนต์ของศูนย์บรรเทาภัยพิบัติ เพื่อให้มีระยะทางอพยพรวมที่น้อยที่สุดที่ผู้ประสบภัยพิบัติจะ สามารถนำพลเรือนต์มาจอดที่ศูนย์บรรเทาภัยพิบัติ โดยการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model) เพื่อหาจำนวนศูนย์บรรเทาภัยพิบัติที่เหมาะสมในเขตต่าง ๆ ของพื้นที่ เทศบาลนครหาดใหญ่ เพื่อรองรับการอพยพพลเรือนต์ไปยังศูนย์บรรเทาภัยพิบัติ ซึ่งเหตุการณ์น้ำท่วมที่ เกิดขึ้นในอดีต ในปีพ.ศ. 2543 และปีพ.ศ. 2553 เป็นบทเรียนที่ชี้ให้เห็นถึงความเสียหายทางด้าน ทรัพย์สินของผู้ประสบภัยพิบัติ ที่เห็นได้ชัดเมื่อน้ำลด คือ ซากพลเรือนต์ ซึ่งเป็นทรัพย์สินที่มีมูลค่าสูง อัน เนื่องมาจากการอพยพไม่ทันเวลา เนื่องจากประชาชนไม่ทราบแผนการอพยพเบื้องต้นของเทศบาล นครหาดใหญ่ ไม่ทราบสถานที่ตั้งของศูนย์บรรเทาภัยพิบัติที่จะสามารถอพยพพลเรือนต์ และศูนย์ บรรเทาภัยพิบัติไม่สามารถรองรับพลเรือนต์ของผู้ประสบภัยพิบัติได้อย่างเพียงพอ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการวางแผนอพยพพลเรือนต์เมื่อเกิดอุทกภัยไปยังศูนย์ บรรเทาภัยพิบัติ เพื่อเป็นการลดความสูญเสียทางด้านทรัพย์สินให้แก่ประชาชนที่ได้รับผลกระทบจาก อุทกภัย เนื่องจากเป็นภัยพิบัติธรรมชาติที่ไม่สามารถเลี่ยงได้ แต่สามารถวางแผนและหาวิธีรับมือกับ ปัญหา เพื่อให้เกิดการสูญเสียน้อยที่สุด นอกจากนี้ยังเป็นประโยชน์กับหน่วยงานต่าง ๆ และประชาชน ในเทศบาลนครหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา เพื่อใช้เป็นแนวทางในการอพยพพลเรือนต์ไป ยังศูนย์บรรเทาภัยพิบัติ

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อหาแผนการจัดการอพยพพลเรือนต์ ทั้งด้านจำนวนศูนย์บรรเทาภัยพิบัติสำหรับพลเรือนต์ และ ระยะทาง โดยหาแผนการอพยพพลเรือนต์ จากชุมชนไปยังจุดอพยพพลเรือนต์ที่มีระยะทางรวมน้อยที่สุด เมื่อเกิดอุทกภัยในเขตพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ดำเนินโครงการวิจัยโดยศึกษาจำนวนศูนย์บรรเทาภัยพิบัติสำหรับอพยพพลเรือนต์ในโซนต่างๆ ทั้งที่มีอยู่แล้ว และมีความเป็นไปได้ในการเปิดในอนาคต ภายในพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่ อำเภอ หาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ซึ่งจะทำให้การพิจารณาในเรื่องของ ระยะทาง ความจุของศูนย์บรรเทาภัยพิบัติ สำหรับอพยพพลเรือนต์ ความสูงของพื้นที่ที่สูงจากระดับน้ำทะเล ซึ่งอ้างอิงจากอดีตว่าไม่พบน้ำท่วมใน พื้นที่นั้น โดยจะมีการประยุกต์ใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ในการตัดสินใจสำหรับสถานการณ์ที่ แตกต่างกัน และเป็นแนวทางสำหรับอพยพพลเรือนต์ เพื่อลดความเสียหายทางด้านทรัพย์สินของ ประชาชน เมื่อเกิดเหตุการณ์อุทกภัยจริงในอนาคต

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. แผนการจัดการอพยพพลเรือนที่เหมาะสม ทั้งด้านจำนวนศูนย์บรรเทาภัยพิบัติสำหรับพลเรือน และเส้นทางการอพยพพลเรือนจากชุมชนไปยังจุดอพยพพลเรือน
2. สามารถป้องกันความเสียหายที่เกิดกับพลเรือนของประชาชนได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติ น้ำท่วม
3. เป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้อพยพพลเรือน เมื่อเกิดอุทกภัยจริงในพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอเนื้อหา โดยแบ่งออกเป็น 6 บท โดยบทที่ 2 เป็นการทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาวางแผนการวิจัยในบทที่ 3 ประยุกต์ใช้สำหรับวิธีการวิจัยในบทที่ 3 โดยเริ่มประเมินการอพยพพลเรือนในสถานการณ์ปัจจุบันในบทที่ 4 จากนั้นพัฒนาแบบจำลองการอพยพพลเรือนปัจจุบัน และเสนอแนวทางในการจัดการในบทที่ 5 และทำการสรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะในบทที่ 6

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Model)

การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Modelling) เป็นกิจกรรมที่แปลงปัญหาที่เกิดขึ้นจริงให้อยู่ในรูปของสมการคณิตศาสตร์เพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์ วิจัย และการดำเนินงานในภายหลัง ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จะถูกสร้างขึ้นหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการ และคำอธิบายที่เกี่ยวข้องกับตัวแบบนี้จะแสดงให้เห็นถึงข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อปัญหาที่ต้องการแก้ไข โดยมีขั้นตอนในการสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์ ดังนี้

2.1.1 การระบุปัญหา ในการสร้างตัวแบบ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาถึงปัญหาที่ต้องการแก้ไข เพื่อให้มีความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหานั้น ๆ ก่อนการดำเนินการ

2.1.2 การรวบรวมข้อมูล หลังจากทราบปัญหาแล้ว ก็จะต้องทำการรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่มีผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมกับปัญหา

2.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูล ขั้นตอนนี้เป็นการหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการสร้างตัวแบบ เช่น การหาตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องหาค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ฯลฯ

2.1.4 การตั้งสมมุติฐาน เป็นการคาดคะเนคำตอบหรือคิดหาคำตอบ (ในที่นี่คือลักษณะของตัวแบบ) ที่น่าจะเป็นไปได้บนพื้นฐานของข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมในขั้นตอนที่สอง

2.1.5 การสร้างตัวแบบ เป็นการแปลงข้อมูลให้เป็นสมการทางคณิตศาสตร์ หรือพูดอย่างง่าย ๆ ก็คือการเปลี่ยนปัญหาให้เป็นรูปแบบทางคณิตศาสตร์ ตามสมมุติฐานที่ได้ตั้งไว้

2.1.6 การตีความหมาย คือ การแปลความหมายหรืออธิบายตัวแบบที่สร้างขึ้นมา เป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแบบกับปัญหาจริง

2.1.7 การเปรียบเทียบ ขั้นตอนนี้เป็นการเปรียบเทียบค่าคาดคะเนที่คำนวณได้จาก ตัวแบบกับค่าที่ได้จากข้อมูลจริงที่เก็บรวบรวมมาได้ ถ้าค่าทั้งสองกลุ่มนี้ใกล้เคียงกันก็แสดงให้เห็นว่า ตัวแบบที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมกับความเป็นจริง ถ้าผลออกมาเป็นตรงกันข้าม ก็แสดงว่าตัวแบบที่สร้างขึ้นเป็นตัวแบบที่ไม่เหมาะสม ขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งในการสร้างตัวแบบอาจผิดพลาด ควรจะทำการแก้ไขโดยการพิจารณาใหม่ตั้งแต่ขั้นแรก

2.1.8 การรายงานผล ถ้าตัวแบบที่ได้มีความเหมาะสม ก็สามารถเขียนรายงานผลหรือนำเสนอผลลัพธ์ที่ได้ออกมาสู่สาธารณชน

2.2 ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการที่เหมาะสม (Facility Location Problem, FLP)

ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการที่เหมาะสม (จันทร์ศิริ สิงห์เถื่อน, 2554) ที่เกี่ยวกับการกำหนดจำนวน ขนาด และตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการพร้อมทั้งจัดสรรการ

ให้บริการ จากสถานที่ให้บริการเหล่านี้ไปยังลูกค้าทั้งที่อยู่ภายในองค์กรเดียวกัน และภายนอกองค์กร เพื่อให้ต้นทุนการขนส่ง ระยะทางหรือระยะเวลาในการส่งมอบสินค้าหรือบริการน้อยที่สุด

โดยทั่วไปแล้วปัญหา FLP เกือบทุกประเภท จัดเป็นปัญหาเอ็นพีแบบยาก (NP-hard) ดังนั้น การพัฒนาวิธีแก้ปัญหาก็แบ่งออกเป็น สองรูปแบบ คือ การพัฒนาวิธีฮิวริสติกส์ ซึ่งใช้ระยะเวลาในการคำนวณน้อยกว่า แต่ให้คุณภาพของคำตอบด้อยกว่าวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Exact Algorithm) และ การพัฒนาวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหา FLP ที่มีคุณลักษณะเฉพาะเจาะจง (Specific Problems) ซึ่งให้คำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution)

2.2.1 ประเภทของปัญหา FLP และ วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด

ปัญหา FLP มีความหลากหลาย เนื่องจากปัจจัยต่างๆ ดังนี้

- วัตถุประสงค์ในการตั้งสถานที่ให้บริการ
- สภาพการณ์ในการตัดสินใจ (ภายใต้ความแน่นอน ความเสี่ยง หรือความไม่แน่นอนของข้อมูลนำเข้า)
- ช่วงระยะเวลาที่พิจารณาความเหมาะสมของสถานที่ให้บริการ
- จำนวนสถานที่ให้บริการที่พิจารณา
- รูปแบบการพิจารณาตำแหน่งที่จะเป็นสถานที่ตั้ง (เป็นทำเลที่ตั้งที่ถูกคัดเลือกมาก่อนเบื้องต้น หรือ เป็นตำแหน่งใดๆ บนพื้นระนาบ)
- รูปแบบการให้บริการลูกค้า (ลูกค้าสามารถรับบริการได้จากแหล่งให้บริการแห่งเดียว หรือหลายแห่ง)
- ความหลากหลายของประเภทสินค้า ที่สถานที่ให้บริการจะสามารถให้บริการได้

โดยหากใช้ปัจจัยดังกล่าวในการแบ่งประเภทปัญหาจะแบ่งได้เป็น 4 ประเภทหลัก ได้แก่ ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการแบบดีเทอร์มินิสติก (Deterministic) แบบพลวัต (Dynamic) แบบสโตแคสติก (Stochastic) และ แบบโรบัสต์ (Robust) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1.1 ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการแบบดีเทอร์มินิสติก (Deterministic Facility Location Problems)

เป็นปัญหา FLP ที่เลือกตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมโดยพิจารณา ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง ที่ทำการตัดสินใจ และพิจารณาปัจจัยนำเข้า เช่น ความต้องการของลูกค้า ตำแหน่งของลูกค้า ต้นทุนการขนส่ง เป็นต้น เป็นค่าที่ทราบค่าแน่นอน และมีค่าคงที่ ซึ่งปัญหานี้เป็นปัญหาพื้นฐาน สามารถแบ่งออกเป็น 5 ประเภทย่อยตามวัตถุประสงค์ในการตั้งสถานที่ให้บริการดังต่อไปนี้

ก.) ปัญหาระยะทางรวมน้อยที่สุด (Minisum Facility Location Problems)

เป็นปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการจำนวน P แห่ง โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งรวม (ซึ่งหมายรวมถึง ระยะทาง หรือ เวลาในการขนส่ง ซึ่งอาจมีการถ่วงน้ำหนักตามความต้องการของลูกค้าหรือไม่ก็ได้) ระหว่างสถานที่ให้บริการกับลูกค้าทุกคนมีค่าน้อยที่สุด มีรูปแบบทั่วไปของ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังต่อไปนี้

$$\text{Minimize} \quad \sum_i \sum_j w_i d_{ij} Y_{ij} \quad (2.1)$$

$$\text{subject to} \quad \sum_j X_j = P \quad (2.2)$$

$$\sum_j Y_{ij} = 1 \quad ; \forall i \quad (2.3)$$

$$\sum_i w_i Y_{ij} \leq s_j X_j \quad ; \forall j \quad (2.4)$$

$$X_j \in \{0,1\} \quad ; \forall j \quad (2.5)$$

$$Y_{ij} \in \{0,1\} \quad ; \forall i, \forall j \quad (2.6)$$

โดยมีข้อมูลนำเข้า คือ

- i เป็นเซตตำแหน่งของลูกค้าที่ใช้บริการ โดย $I = (1, 2, \dots, i, \dots, M)$
- j เป็นเซตของสถานที่ให้บริการ โดย $J = (1, 2, \dots, j, \dots, N)$
- P จำนวนตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งให้บริการ
- w_i เป็นปริมาณสินค้าหรือบริการของลูกค้าที่ตำแหน่งที่ i
- d_{ij} เป็นระยะทางระหว่างลูกค้าที่อยู่ตำแหน่งที่ i กับสถานที่ให้บริการที่อยู่ตำแหน่งที่ j
- s_j เป็นขีดความสามารถในการให้บริการของสถานที่ให้บริการที่อยู่ตำแหน่งที่ j และมีตัวแปรตัดสินใจ คือ
- X_j มีค่าเท่ากับ 1 ถ้าเลือกตำแหน่งที่ให้บริการที่ตำแหน่งที่ $j \in J$ และ 0 ถ้าไม่ใช่
- Y_{ij} มีค่าเท่ากับ 1 ถ้าลูกค้าที่ตำแหน่งที่ i ได้รับความบริการที่ตำแหน่ง $j \in J$ และ 0 ถ้าไม่ใช่

ข.) ปัญหาครอบคลุมความต้องการของลูกค้า (Covering Problem)

เป็นปัญหาที่มีวัตถุประสงค์ เพื่อให้ลูกค้าสามารถเข้ารับบริการได้อย่างทั่วถึงด้วยระยะทาง หรือระยะเวลาที่ยอมรับได้ เช่น สถานีดับเพลิง โรงพยาบาล เป็นต้น โดยในที่นี้การให้บริการจะครอบคลุมความต้องการของลูกค้า ก็ต่อเมื่อสถานที่ให้บริการอยู่ห่างจากลูกค้าในระยะที่กำหนดไว้ หรือลูกค้าสามารถเดินทางมารับบริการได้ในระยะเวลาที่กำหนด ปัญหาประเภทนี้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

ข.1) ปัญหาครอบคลุมความต้องการของลูกค้าทุกคนด้วยต้นทุนน้อยที่สุด (Set Covering Problem)

เป็นการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการโดยใช้จำนวนหรือ

ต้นทุนในการสร้างสถานที่ให้บริการที่น้อยที่สุด เพื่อให้ครอบคลุมกลุ่มลูกค้าทั้งหมด ซึ่งมีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทั่วไปดังนี้

$$\text{Minimize} \quad \sum_j c_j X_j \quad (2.7)$$

$$\text{subject to} \quad \sum_{j \in N_i} X_j \geq 1 \quad ; \forall i \quad (2.8)$$

$$X_j \in \{0,1\} \quad ; \forall j \quad (2.9)$$

โดยมีข้อมูลนำเข้าเพิ่มเติม คือ

i เป็นเซตตำแหน่งของลูกค้าที่ใช้บริการ โดย $I = (1, 2, \dots, i, \dots, M)$

j เป็นเซตของสถานที่ให้บริการ โดย $J = (1, 2, \dots, j, \dots, N)$

c_j เป็นค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสถานที่ให้บริการ

S เป็นระยะทางที่ไกลที่สุดหรือระยะเวลาที่นานที่สุดที่ยอมรับได้จากสถานที่ให้บริการไปยังลูกค้า

N_i เป็นเซตของตำแหน่งที่ตั้งที่อยู่ห่างจากลูกค้าที่ตำแหน่งที่ i ด้วยระยะทางที่ยอมรับได้ (นั่นคือ $N_i = \{j | d_{ij} \leq S\}$)

X_j มีค่าเท่ากับ 1 ถ้าเลือกตำแหน่งที่ให้บริการที่ตำแหน่งที่ $j \in J$ และ 0 ถ้าไม่ใช่

ข.2) ปัญหาครอบคลุมความต้องการของลูกค้าให้ได้มากที่สุด (Maximal Covering Problem)

เป็นการเลือกตำแหน่งที่ตั้งให้กับสถานที่ให้บริการจำนวน P แห่ง เพื่อให้สามารถครอบคลุมความต้องการของลูกค้าให้ได้มากที่สุด ซึ่งมีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

$$\text{Maximize} \quad \sum_i w_i Z_i \quad (2.10)$$

$$\text{subject to} \quad \sum_{j \in N_i} X_j \geq Z_i \quad ; \forall i \quad (2.11)$$

$$\sum_j X_j = P \quad (2.12)$$

$$X_j \in \{0,1\} \quad ; \forall j \quad (2.13)$$

$$Z_i \in \{0,1\} \quad ; \forall i \quad (2.14)$$

โดยมีตัวแปรตัดสินใจเพิ่มเติม คือ

- i เป็นเซตตำแหน่งของลูกค้าที่ใช้บริการ โดย $I = (1, 2, \dots, i, \dots, M)$
 j เป็นเซตของสถานที่ให้บริการ โดย $J = (1, 2, \dots, j, \dots, N)$
 P จำนวนตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งให้บริการ
 w_i เป็นปริมาณสินค้าหรือบริการของลูกค้าที่ตำแหน่งที่ i
 N_i เป็นเซตของตำแหน่งที่ตั้งที่อยู่ห่างจากลูกค้าที่ตำแหน่งที่ i ด้วยระยะทางที่ยอมรับได้ (นั่นคือ $N_i = \{j | d_{ij} \leq S\}$)
 X_j มีค่าเท่ากับ 1 ถ้าเลือกตำแหน่งที่ให้บริการที่ตำแหน่งที่ $j \in J$ และ 0 ถ้าไม่ใช่
 Z_i มีค่าเท่ากับ 1 ถ้าความต้องการของลูกค้าที่ตำแหน่งที่ i ถูกครอบคลุม และ 0 ถ้าไม่ใช่

ค.) ปัญหาระยะทางไกลที่สุดน้อยที่สุด (Minimax Facility Location Problems)

เป็นการเลือกตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมให้กับสถานที่ให้บริการ P แห่ง เพื่อให้ลูกค้าที่อยู่ไกลที่สุดได้อยู่ใกล้สถานที่ให้บริการมากที่สุด โดยทั่วไปจะเรียกปัญหานี้ว่า ปัญหา p-Center ซึ่งมีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังนี้

$$\text{Minimize } D \quad (2.15)$$

$$\text{subject to } \sum_j X_j = P \quad (2.16)$$

$$\sum_j Y_{ij} = 1 \quad ; \forall i \quad (2.17)$$

$$Y_{ij} \leq X_j \quad ; \forall i, \forall j \quad (2.18)$$

$$D \geq \sum_j d_{ij} Y_{ij} \quad ; \forall i \quad (2.19)$$

$$X_j \in \{0,1\} \quad ; \forall j \quad (2.20)$$

$$Y_{ij} \in \{0,1\} \quad ; \forall i, \forall j \quad (2.21)$$

โดยมีตัวแปรตัดสินใจเพิ่มเติม คือ

- i เป็นเซตตำแหน่งของลูกค้าที่ใช้บริการ โดย $I = (1, 2, \dots, i, \dots, M)$
 j เป็นเซตของสถานที่ให้บริการ โดย $J = (1, 2, \dots, j, \dots, N)$
 D เป็นระยะทางที่ไกลที่สุดระหว่างลูกค้ากับสถานที่ให้บริการที่อยู่ใกล้ที่สุด
 P จำนวนตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งให้บริการ

d_{ij}	เป็นระยะทางระหว่างลูกค้าที่อยู่ตำแหน่งที่ i กับสถานที่ให้บริการที่อยู่ตำแหน่งที่ j
X_j	มีค่าเท่ากับ 1 ถ้าเลือกตำแหน่งที่ให้บริการที่ตำแหน่งที่ $j \in J$ และ 0 ถ้าไม่ใช่
Y_{ij}	มีค่าเท่ากับ 1 ถ้าลูกค้าที่ตำแหน่งที่ i ได้รับความบริการที่ตำแหน่ง $j \in J$ และ 0 ถ้าไม่ใช่

ง.) ปัญหาสถานที่ให้บริการที่ไม่พึงประสงค์ (Obnoxious Facility Location Problems)

สถานที่ให้บริการที่กล่าวถึงในปัญหาข้างต้นนั้น เป็นสถานที่ให้บริการที่มีลักษณะทั่วไป คือ ยิ่งลูกค้าอยู่ใกล้ยิ่งสะดวกและดี แต่ปัญหาในประเภทนี้เกิดขึ้นกรณีที่สถานที่ให้บริการไม่เป็นที่พึงประสงค์ให้มีที่ตั้งอยู่ใกล้กับกลุ่มลูกค้า เนื่องจากอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพหรือสวัสดิภาพของสถานที่ใกล้เคียง แต่ก็ยังเป็นสถานที่ที่มีประโยชน์และยังคงไม่ต้องการให้อยู่ห่างจากลูกค้าจนเกินไป เนื่องจากเหตุผลด้านต้นทุนการขนส่ง เช่น โรงงานกำจัดขยะ โรงงานไฟฟ้านิวเคลียร์ บ่อบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น ปัญหาประเภทนี้มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในการเลือกตำแหน่งที่ตั้งสถานที่ให้บริการคล้ายคลึง กับปัญหาประเภท 1-3 แต่มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในทิศทางตรงกันข้าม ได้แก่

ง.1) ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการเพื่อให้ระยะทางรวมระหว่างสถานที่ ให้บริการกับลูกค้ามีค่ามากที่สุดแต่อยู่ภายในขอบเขตที่กำหนด (Maxisum Facility Location Problems)

ง.2) ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการเพื่อให้มีลูกค้าอยู่ในพื้นที่รอบสถานที่ให้บริการน้อยที่สุด (Minimum Covering Problems)

ง.3) ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการเพื่อให้ลูกค้าที่อยู่ใกล้ที่สุดมีระยะห่างจากสถานที่ให้บริการมากที่สุด (Maximin Facility Location Problem) เป็นต้น

จ.) ปัญหาอื่น ๆ

ปัญหาที่ขยายผลมาจากปัญหาทั้ง 4 ประเภทข้างต้น มีความหลากหลายตามรายละเอียดเพิ่มเติมของปัญหา ยกตัวอย่าง เช่น กรณีที่สถานที่ให้บริการที่พิจารณาให้บริการ หรือขายสินค้าที่มีความหลากหลาย (Multicommodity) หรือกรณีที่มีการส่งมอบสินค้าในหลายระดับ (Muti-level) เช่น อาจมีสินค้าบางส่วนถูกส่งมอบโดยตรงจากโรงงานไปยังลูกค้า และอาจมีบางส่วนถูกส่งจากโรงงานไปยังศูนย์กระจายสินค้าก่อนแล้วจึงกระจายสินค้าจากศูนย์นี้ไปยังลูกค้าอีกครั้งหนึ่ง หรือในกรณีที่มีเป้าหมายในการกำหนดตำแหน่งที่ตั้งสถานที่ให้บริการมากกว่าหนึ่งวัตถุประสงค์ หรือเป้าหมาย (Multi-objective) หรือ ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการเพื่อให้ต้นทุนรวม เช่น ด้านการก่อสร้าง การดำเนินการและการขนส่งต่ำที่สุด (Fixed Charged Facility Location Problems) เป็นต้น

2.2.1.2 ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการแบบพลวัต (Dynamic Facility Location Problems)

ปัญหา FLP ที่กล่าวมาข้างต้นเป็นการตัดสินใจเลือกตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสม ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง แต่ในความเป็นจริงแล้วปัญหา FLP เป็นการตัดสินใจที่ส่งผลในระยะยาวซึ่งข้อมูลนำเข้าอาจมีการเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา เช่น ความต้องการของลูกค้าที่อาจเพิ่มขึ้นจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจ เป็นต้น ปัญหาประเภทนี้ จึงคำนึงถึงการเลือกตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง โดยในแต่ละขณะเวลาที่ตัดสินใจ จะพิจารณาปัจจัยนำเข้าเป็นค่าที่ทราบค่าแน่นอนแต่ไม่คงที่เมื่อระยะเวลาเปลี่ยนไป

2.2.1.3 ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการแบบสโตแคสติก (Stochastic Facility Location Problems)

เป็นปัญหา FLP ที่พิจารณาปัจจัยนำเข้าเป็นค่าไม่แน่นอนที่สามารถอธิบายได้ด้วย ความน่าจะเป็น โดยมีทั้งปัญหาที่ขยายผลจากปัญหาในประเภทที่ 2.2.1.1 และปัญหาที่ถูกพัฒนาขึ้นในรูปแบบที่แตกต่างออกไป เพื่อสะท้อนถึงสภาพที่แท้จริงของปัญหา เช่น

ก) ปัญหาระยะทางรวมน้อยที่สุดแบบสโตแคสติก (Stochastic P-median Problems) ซึ่งปรับเปลี่ยนฟังก์ชันเป้าหมายจากระยะทางน้อยที่สุดเป็นค่าคาดคะเนของต้นทุนน้อยที่สุด หรือค่าคาดคะเนของกำไรมากที่สุดภายใต้การกระจายตัวของตำแหน่งลูกค้าแบบสุ่ม หรือภายใต้สถานการณ์ (Scenario) ต่างๆ

ข) ปัญหาต้นทุนรวมน้อยที่สุดแบบสโตแคสติก (Stochastic Fixed-charge Facility Location) ภายใต้ความไม่แน่นอนของความต้องการของลูกค้า ต้นทุนการผลิต และราคาขาย

ค) ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งเพื่อการแข่งขัน (Competitive Facility Location) ที่ต้องเลือกตำแหน่งที่ตั้งสถานที่ให้บริการ โดยมีการแข่งขันกันจากการเลือกตำแหน่งที่ตั้งสถานที่ให้บริการของคู่แข่งทางการค้า เพื่อให้ได้ส่วนแบ่งทางการตลาดสูงสุด

2.2.1.4 ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการแบบโรบัสต์ (Robust Facility Location Problems)

เป็นปัญหา FLP ที่พิจารณาปัจจัยนำเข้าเป็นค่าไม่แน่นอนที่ไม่สามารถอธิบายได้ด้วย ความน่าจะเป็น โดยเป้าหมายก็คือต้องการให้ผลของการตัดสินใจเป็นการตัดสินใจที่ดี แม้ค่าพารามิเตอร์จะเปลี่ยนไปตามความไม่แน่นอนที่พิจารณา ตัววัดส่วนใหญ่ที่ใช้ในการกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์นั้น มักจะใช้ยู่สองตัววัด ได้แก่ ค่าเสียโอกาสจากการตัดสินใจที่ผิดพลาด (Regret) และค่าใช้จ่าย โดยฟังก์ชันวัตถุประสงค์จะอยู่ในรูปแบบที่ต้องการทำให้ค่าเสียโอกาสที่เกิดจากการตัดสินใจผิดพลาด หรือค่าใช้จ่ายที่มากที่สุดมีค่าน้อยที่สุด และมักจะเป็นการขยายผลจากปัญหาแบบ p-Median นั่นคือปัญหา (Minimax Regret Median Location Problems) หรือ แบบ p-Center (Minimax Regret p-Center Location Problems) ปัญหา FLP ทั้ง 4 ประเภทดังกล่าวข้างต้น แล้วนำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัย เพื่อหาแผนการอพยพรถยนต์ที่เหมาะสม เมื่อเกิดอุทกภัยในพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่

2.2.1.5 ปัญหาการหาทำเลที่ตั้งแบบมีข้อจำกัดด้านขีดความสามารถ (Capacitated facility location problem, CFLP)

เป็นปัญหาทั่วไปของปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการ ซึ่งพิจารณาจำนวนของสิ่งอำนวยความสะดวกที่จำเป็นขึ้นอยู่กับความต้องการของลูกค้าทั้งหมด เพื่อให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งรวม ซึ่งอาจคำนวณมาจากต้นทุนการขนส่ง ต่อหน่วยระยะทาง คูณกับระยะทางรวมทั้งหมดที่ใช้ในการเดินทาง (ระหว่างสถานที่ให้บริการกับลูกค้าทุกคนมีค่าน้อยที่สุด) โดยมีรูปแบบทั่วไปของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังต่อไปนี้

$$\text{Minimize} \quad Z = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} x_{ij} + \sum_{i \in I} f_i y_i \quad (2.22)$$

$$\text{subject to} \quad \sum_{j \in J} x_{ij} = d_i \quad \text{for all } i \in I \quad (2.23)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} \leq s_j y_j \quad \text{for all } j \in J \quad (2.24)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j, \quad i = 1, 2, \dots, M; \\ j = 1, 2, \dots, N \quad (2.25)$$

$$y_j \in \{0,1\} \quad \forall j \quad (2.26)$$

โดยมีข้อมูลนำเข้า คือ

i เป็นเซตของชุมชนในพื้นที่การศึกษา โดย $I = (1, 2, \dots, i, \dots, M)$

j เป็นเซตของจุดจอตrolleyนต์ โดย $J = (1, 2, \dots, j, \dots, N)$

d_i เป็นความต้องการหรือบริการของลูกค้าที่ตำแหน่ง i

c_{ij} เป็นระยะทางระหว่างลูกค้าที่อยู่ตำแหน่งที่ i กับจุดจอตrolleyนต์ที่ให้บริการที่อยู่ตำแหน่งที่ j

s_j เป็นขีดความสามารถในการให้บริการของจุดจอตrolleyนต์ที่ให้บริการที่อยู่ตำแหน่งที่ j และมีตัวแปรตัดสินใจคือ

y_j มีค่าเท่ากับ 1 ถ้าเลือกตำแหน่งที่ให้บริการที่ตำแหน่งที่ $j \in J$ และ 0 ถ้าไม่ใช่

x_{ij} เป็นปริมาณรถยนต์ที่อพยพจากตำแหน่งที่ i ไปยังจุดอพยพรถยนต์ที่เปิดให้บริการได้รับบริการที่ตำแหน่ง j

f_i เป็นต้นทุนที่ใช้ในการเดินทางของลูกค้าที่ตำแหน่ง i

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ภัยพิบัติทางธรรมชาติในประเทศไทยได้เกิดขึ้นบ่อยครั้งโดยปราศสัญญาณเตือนล่วงหน้า จึงจำเป็นต้องหาวิธีที่จะพัฒนาแผนอพยพเพื่อเพิ่มความปลอดภัยของผู้อยู่อาศัยและลดความเสียหายที่เกิดต่อทรัพย์สิน

ศนิवार ศรีอุทา (2555) นำรูปแบบทางคณิตศาสตร์โดยประยุกต์ใช้กับโปรแกรม Excel Solver ถูกใช้เพื่อหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด สำหรับตัวอย่างพื้นที่เกิดอุทกภัยในกรณีศึกษา บ้านลำเบ็ด ตำบลตำนาน อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง ซึ่งผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า คนในพื้นที่จำนวน 490 คน จะถูกอพยพไปยังศูนย์อพยพภายใน 2 รอบ ใช้เวลาทั้งสิ้น 8.4 นาที โดยใช้รถ กระบะบรรทุกแบบ 7 ที่นั่ง จำนวน 41 คัน รถเก๋งแบบ 4 ที่นั่ง จำนวน 11 คัน และรถกระบะบรรทุกดัดแปลงแบบ 11 ที่นั่ง จำนวน 12 คัน ผ่านเส้นทางรวมที่สั้นที่สุด 81.36 กิโลเมตร

จากภาวะน้ำท่วมใหญ่ของประเทศไทยในช่วงปลายปี พ.ศ.2554 ผู้ประสบอุทกภัยจำนวนมากประสบปัญหาในการอพยพออกจากพื้นที่เสี่ยงภัยไปยังสถานที่ปลอดภัย ซึ่งการอพยพจะต้องใช้ยานพาหนะที่มีความสูงพิเศษเท่านั้น ปุญญา สุทธิจันทร์ (2557) ได้ทำการศึกษาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งในการเคลื่อนย้ายอพยพประชาชนเมื่อเกิดอุทกภัย เพื่อค้นหาเส้นทางเดินรถขนส่งผู้ประสบภัยระหว่างเกิดอุทกภัยที่สามารถเคลื่อนย้ายออกจากพื้นที่เสี่ยงภัย โดยใช้เวลารวมในการอพยพสั้นที่สุด โดยการสร้างแบบจำลองปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งพัฒนามาจากแบบจำลองพื้นฐานของรูปแบบปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ(Vehicle Routing Problem: VRP) แบบจำลองที่สร้างขึ้นมีการพิจารณาประเภทของผู้อพยพออกเป็น 2 ระดับ ได้แก่ ผู้อพยพปกติ และผู้อพยพที่ต้องการความช่วยเหลือพิเศษ ทำการทดสอบแบบจำลอง กรณีศึกษา ตำบลลาดสวาย อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี ผลลัพธ์ที่แสดงออกมา สามารถระบุระยะเวลาอพยพรวมที่สั้นที่สุด (แปรผันตามระยะทางและเวลาขึ้นลงรถ) จำนวนยานพาหนะที่ต้องการ และเส้นทางที่ยานพาหนะแต่ละคันวิ่งรับส่งผู้อพยพ

การเกิดน้ำท่วมใหญ่ในปี.ศ. 2553 ทางภาคใต้ของประเทศไทย ที่ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคมอย่างมาก คือ เทศบาลนครหาดใหญ่ อ.เมือง จ.สงขลา โดยเขตชุมชนเมืองหาดใหญ่เคยได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมใหญ่ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2531 ปีพ.ศ. 2543 และปีพ.ศ. 2553 ศักดิ์ชัย ปรีชาวีรกุล และคณะ (2556) ได้ทำการสำรวจระดับน้ำท่วมสูงสุดของเขตชุมชนเมืองหาดใหญ่ในปีพ.ศ. 2553 มีความลึกของน้ำท่วม 4.09 เมตร และต่ำสุดที่ 0.3 เมตร แล้วนำข้อมูลจากการสำรวจมาสร้างแบบจำลองพื้นที่น้ำท่วม (Water Planar Surface) ตั้งแต่ระดับ 1-9 เมตร เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง เพื่อคาดการณ์ว่าพื้นที่ใดบ้างที่เสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม และพัฒนาแบบจำลองการเกิดน้ำท่วมโดยใช้ HEC-RAS HEC-GEORAS ร่วมกับโปรแกรม ARCGIS เพื่อทำแผนที่เสี่ยงภัยการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ชุมชนเมืองหาดใหญ่

ประชากรของเขตเมืองอาจจะตกอยู่ในอันตรายเนื่องจากภัยน้ำท่วม พายุเฮอริเคน สารเคมี หรือนิวเคลียร์ โดยมีความต้องการที่จะป้องกันประชาชนที่ได้รับผลกระทบ สำหรับกรณีการอพยพนำไปสู่การปรับปรุงเส้นทางการจราจร ของพื้นที่เกิดภัยพิบัติ Bretschneider และ Kimms (2011) นำเสนอการแก้ปัญหา two-stage heuristic solution สำหรับ pattern-based mixed integer

dynamic network flow model การปรับโครงสร้างของโมเดลเส้นทางการจราจร เป็นการนำผู้อพยพออกจากพื้นที่อพยพให้ปลอดภัยที่สุดและเร็วที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ภายในกรอบเวลาที่พิจารณา

Ghaderi (2014) ทำการศึกษาปัญหาของการกำหนดตำแหน่งที่ตั้งที่ดีที่สุด และการออกแบบเครือข่ายการตัดสินใจในหลายช่วงเวลา โดยพิจารณา equity-based objective การกำหนดตำแหน่งที่ตั้งที่ดีที่สุดของสิ่งอำนวยความสะดวก และการออกแบบของเครือข่ายต้นแบบ โดยคำนึงถึงงบประมาณในการเปิด และโครงสร้างการเชื่อมโยงในแต่ละช่วงเวลาระหว่างการวางแผน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดช่วงเวลาที่หมดของเวลาในการเดินทางสูงสุดระหว่างโหนด และ facility สำหรับแต่ละช่วงเวลา งานวิจัยนี้ได้แนะนำ mixed-integer และ non-linear programming model ในการแก้ปัญหา ในแง่ non-linear ของโมเดล เกี่ยวข้องกับฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ที่สามารถเปลี่ยนเป็น linear ได้อย่างง่าย เนื่องจากความซับซ้อนมากของโมเดล CPLEX ไม่สามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงแนะนำ 2 heuristics based บน linear relaxation และ hybrid algorithm based บน Variable Neighborhood Search ในการแก้ไขปัญหา ซึ่งได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมของ 2 ชุดข้อมูลที่มีถึง 60 โหนด 708 การเชื่อมโยง และ 20 ช่วงเวลา เมื่อทำการเปรียบเทียบกับแต่ละการแก้ปัญหาด้วย CPLEX

Lim, Zangeneh, Baharnemati และ Assavapokee (2012) นำเสนอเงื่อนไขความสามารถ (capacity constrained) ของเส้นทางการไหลที่เหมาะสม เพื่อนำไปสู่การหาเส้นทางในการอพยพ (evacuation paths), การไหล และ การกำหนดจำนวนผู้อพยพทั้งหมดที่มากที่สุด ในการวางแผนการอพยพในช่วงสั้น ลักษณะของปัญหา (optimization problem) ในเงื่อนไขแรก คือ การขยายเวลา (time-expanded) ของเครือข่าย ซึ่งเมื่อขยายเครือข่ายที่คงที่ ส่งผลให้เครือข่ายการอพยพกลายเป็นการแก้ไขปัญหาที่ใหญ่ขึ้น จึงได้มีการพัฒนาตารางอัลกอริทึมอพยพ (Evacuation Scheduling Algorithm (ESA)) เพื่อเป็นกระบวนการแก้ปัญหา ESA โดยการนำ Dijkstra's algorithm ไปใช้สำหรับการหาเส้นทางการอพยพ และ greedy algorithm หากการไหลสูงสุดในแต่ละเส้นทาง และ ระยะเวลาในการดำเนินการไหลในแต่ละช่วงเวลา การทดลองที่เป็นตัวเลขแสดงให้เห็นจุดเด่นของ ESA ที่เหนือกว่า exact algorithm (CCEP) ในการคำนวณเวลา โดยรันได้ถึง 41,682 เร็วกว่า CCEP ในกรณีทดสอบเครือข่าย CCEP ล้มเหลวในการแก้ปัญหาภายใน 12 ชั่วโมง ขณะที่ ESA แปรสภาพการแก้ปัญหาภายในเวลาไม่ถึง 0.03 วินาที

Li, Nozick, Xu และ Davidson (2012) เป็นการพัฒนาสถานการณ์พื้นฐาน โดยใช้ bilevel programming model เพื่อเลือก shelter locations ที่เหมาะสม ซึ่งจะพิจารณาระยะของการเกิดเฮอริเคนที่แน่นอน และความต้องการอพยพภายใต้เหตุการณ์เหล่านั้น โดยมีกรณีศึกษาจริง คือรัฐ North Carolina ซึ่งกรณีศึกษาแสดงให้เห็นถึง ความสำคัญในการพิจารณาสถานการณ์เฮอริเคนในหลายเหตุการณ์ ในการเลือกสถานที่ของ shelters และ ความสำคัญของการพิจารณาความต้องการในการขนส่งของผู้อพยพทั้งหมด เมื่อมีการเลือกสถานที่ shelters เกิดขึ้น

Sherali H. D., Carter T. B. and Hobeika A. G. (1991) ได้ทำการจัดหาสถานที่ที่ปลอดภัยในพื้นที่ที่ประสบปัญหาพายุเฮอริเคน ซึ่งมีผลต่อระยะเวลาที่ผู้อพยพหนีออกจากพื้นที่ที่ประสบภัยไปยังพื้นที่ปลอดภัย โดยการศึกษานี้ได้ดำเนินการจนถึงปัจจุบันสำหรับการพัฒนาแผนการอพยพเมื่อเกิดพายุเฮอริเคน ซึ่งไม่ได้พิจารณาถึงผลกระทบของสถานที่ที่ปลอดภัยสำหรับการอพยพ จึงมีการ

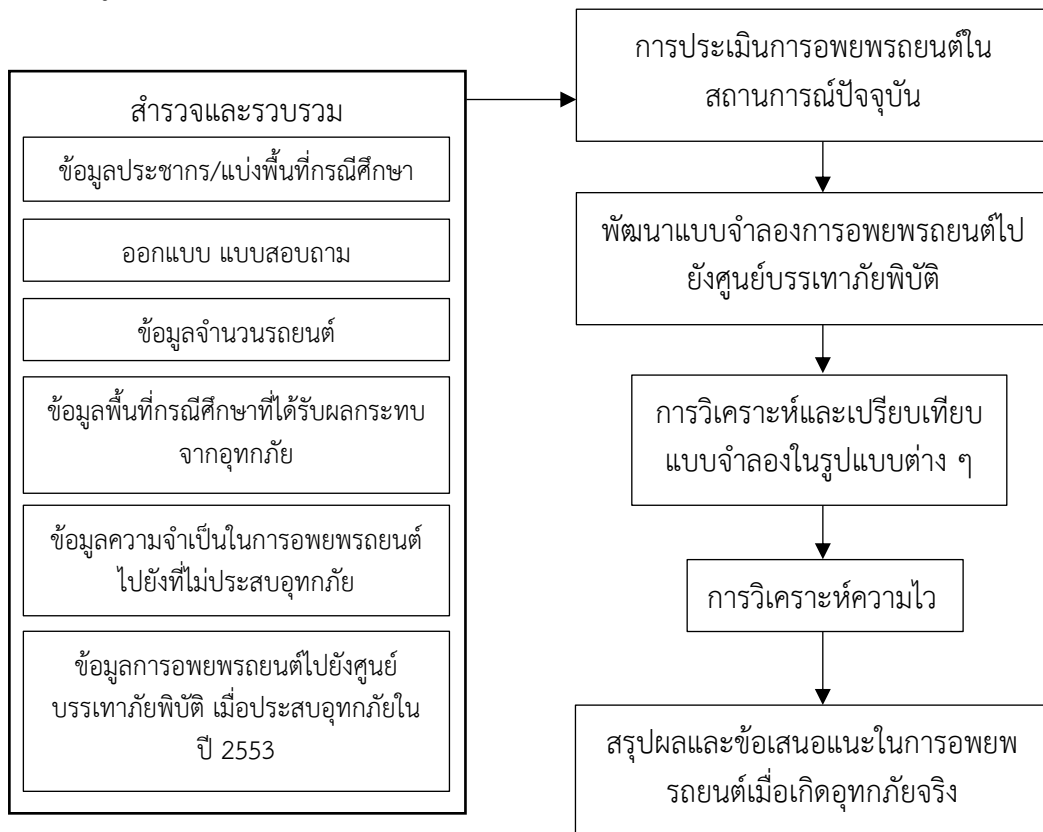
กำหนดวัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ขึ้นมา เพื่อพัฒนาทั้งการวางแผนในการอพยพ และการใช้เครื่องมือ computer-based ผ่านแบบจำลอง location-allocation model โดยเฉพาะ ซึ่งแบบจำลองนี้จะเลือกชุดที่พักอาศัยที่ปลอดภัยจากกลุ่มของทรัพยากรที่มีอยู่แล้ว และกำหนดแผนการอพยพซึ่งจะช่วยลดเวลาในการอพยพ นอกจากนี้ยังมีการซ้อนทับการไหลเวียนภายนอกบนเครือข่าย เพื่อแสดงถึงการรับส่งข้อมูลของผู้อพยพที่ไม่มีที่พักพิงสำหรับกำหนดเป็นจุดหมายปลายทาง โดยโมเดลนี้เป็นปัญหา nonlinear mixed-integer programming problem สำหรับพัฒนา ฮิวริสติก และยังมีการสำรวจเส้นทางที่เป็นไปได้สำหรับการวิจัยในอนาคต

จากการสืบค้นงานวิจัยเกี่ยวกับการวางแผนอพยพเมื่อเกิดภัยพิบัติ พบว่างานวิจัยส่วนใหญ่จะเป็นงานวิจัยที่มีความต้องการอพยพผู้ประสบภัยพิบัติ ซึ่งวัตถุประสงค์หลักเพื่อต้องการอพยพผู้ประสบภัยพิบัติออกจากพื้นที่ประสบภัยไปยังพื้นที่ที่ปลอดภัย และใช้เวลาโดยรวมในการอพยพน้อยที่สุด โดยการประยุกต์ใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่สามารถกำหนดแผนอพยพเมื่อเกิดภัยพิบัติ เช่น แบบจำลองพื้นฐานของรูปแบบปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem: VRP), two-stage heuristic solution, Dijkstra's algorithm และ bilevel programming model ซึ่งเป็นวิธีการที่น่าสนใจ แต่งานวิจัยฉบับนี้มีความต้องการวางแผนอพยพรถยนต์เมื่อเกิดอุทกภัย ซึ่งจากการสืบค้นงานวิจัยในเบื้องต้น ยังไม่มีการนำ Mathematical model มาใช้ในการวางแผนอพยพรถยนต์ จึงเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดงานวิจัยนี้ขึ้นมา เพื่อแก้ปัญหาในการวางแผนอพยพเมื่อเกิดอุทกภัย ให้เหมาะสมกับสภาพของเทศบาลขนาดใหญ่ในปัจจุบัน

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้จำแนกขั้นตอนการวิจัยออกเป็น 5 ขั้นตอนหลัก ๆ ประกอบด้วย 1) การสำรวจและรวบรวมข้อมูล 2) การประเมินการอพยพรถยนต์ในสถานการณ์ปัจจุบัน 3) การพัฒนาแบบจำลองการอพยพรถยนต์ไปยังศูนย์บรรเทาภัยพิบัติ 4) การวิเคราะห์และเปรียบเทียบแบบจำลองต่าง ๆ เพื่อหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด และ 5) สรุปผลและข้อเสนอแนะในการอพยพรถยนต์ไปยังศูนย์บรรเทาภัยพิบัติ เมื่อเกิดอุทกภัยจริง โดยมีแนวทางของการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน ดังรูปที่ 3.1



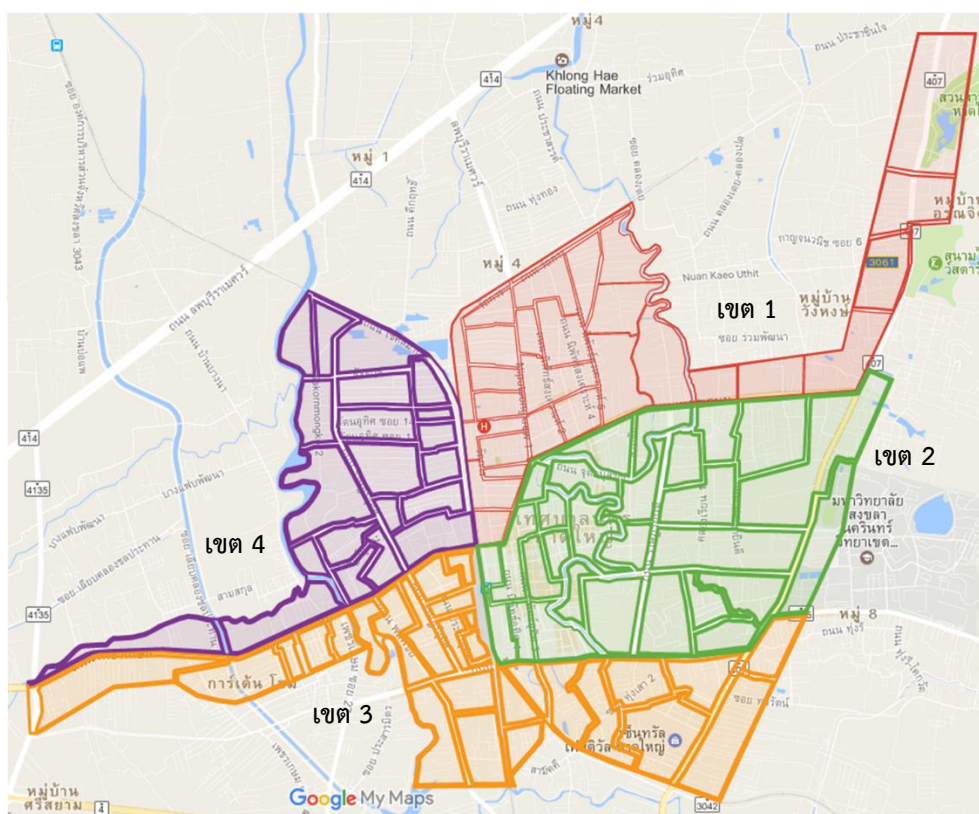
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการวิจัย

3.1 สํารวจและรวบรวมข้อมูล

ในขั้นตอนของการสํารวจและรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ของงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 6 ส่วน คือ ข้อมูลประชากรและการแบ่งพื้นที่กรณีศึกษา การออกแบบแบบสอบถามเพื่อลงพื้นที่เก็บข้อมูล ข้อมูลพื้นที่กรณีศึกษาที่ได้รับผลกระทบจากอุทกภัย ข้อมูลจำนวนรถยนต์ ข้อมูลความจำเป็นในการอพยพรถยนต์ไปยังพื้นที่ที่ไม่ประสบปัญหาอุทกภัย และข้อมูลการอพยพรถยนต์ไปยังศูนย์บรรเทาภัยพิบัติ เมื่อประสบอุทกภัยในปี 2553 อธิบายโดยละเอียดดังนี้

3.1.1 ข้อมูลประชากรและการแบ่งพื้นที่กรณีศึกษา

ข้อมูลประชากรในพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่ที่ได้รับรวบรวมไว้โดยสำนักทะเบียนท้องถิ่นเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา (ข้อมูล ณ วันที่ 11 ตุลาคม 2559) พบว่าเทศบาลนครหาดใหญ่มีพื้นที่ทั้งหมด 21 ตารางกิโลเมตร ประกอบด้วยประชากรทั้งหมด 149,293 คน จากจำนวนครัวเรือน 64,774 หลัง ซึ่งเทศบาลนครหาดใหญ่ แบ่งเขตการปกครอง เป็น 4 เขต ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ขอบเขตพื้นที่กรณีศึกษา

ผู้วิจัยได้แบ่งพื้นที่กรณีศึกษาออกเป็น 4 เขต ตามการแบ่งเขตการปกครองในรูปที่ 3.2 โดยข้อมูลประชากรจะถูกแบ่งตามเขตพื้นที่ออกเป็น 4 เขตหลัก ๆ ในแต่ละเขตพื้นที่หลักสามารถแบ่งออกเป็นพื้นที่ย่อย (ชุมชน) โดยอ้างอิงจากข้อมูลชุมชนของเทศบาลนครหาดใหญ่ จำนวน 103 ชุมชนแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลชุมชนและประชากรในพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่

พื้นที่ ศึกษา	ชื่อชุมชน	พื้นที่ (km ²)	จำนวนประชากร (คน)			จำนวน ครัวเรือน (หลัง)	ขนาดกลุ่ม* ตัวอย่าง (หลัง)
			ชาย	หญิง	รวม		
เขต 1	หน้าสวนสาธารณะ	0.64	634	756	1,390	552	3
	ทักษิณเมืองทอง	0.18	277	390	667	374	2
	สุภาพอ่อนหวาน	0.16	494	543	1,037	410	3
	หน้าค่ายเสนาณรงค์	0.23	1,110	1,287	2,397	759	5
	ภาสว่าง	0.13	379	481	860	814	5
	อู่ ท.ส.	0.08	207	255	462	525	3
	พรแม่สอน	0.2	725	879	1,604	846	5
	กอบกาญจน์ศึกษา	0.21	865	937	1,802	684	4
	แม่ลิเตา	0.28	1,019	1,233	2,252	725	4
	คลองเตย	0.25	597	695	1,292	555	3
	โรงปูน	0.02	261	325	586	168	1
	อนุสรณ์อาจารย์ทอง	0.12	371	457	828	368	2
	สามัคคี	0.16	473	550	1,023	431	3
	หน้าโรงพยาบาลศิริรินทร์	0.15	766	856	1,622	550	3
	เกาะเสือ	0.18	984	1,157	2,141	726	4
	หลังสนามกีฬากลาง	0.17	1,184	1,370	2,554	904	6
	หลังโรงเรียนหาดใหญ่ วิทยาลัย	0.10	308	369	677	293	2
	ศรีนิล	0.12	583	558	1,141	338	2
	หมัดยาเม้าะ	0.14	681	774	1,455	448	3
	ป้อม 6	0.15	787	795	1,582	585	4
	หน้าสนามกีฬากลาง	0.12	477	514	991	361	2
โรงเรียนชาตรี	0.12	735	760	1,495	403	2	
ศิริรินทร์	0.17	803	924	1,727	571	3	
รัถการ	0.18	696	786	1,482	510	3	

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลชุมชนและประชากรในพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่ (ต่อ)

พื้นที่ ศึกษา	ชื่อชุมชน	พื้นที่ (km ²)	จำนวนประชากร (คน)			จำนวน ครัวเรือน (หลัง)	ขนาดกลุ่ม* ตัวอย่าง (หลัง)
			ชาย	หญิง	รวม		
	ริมทางรถไฟ	0.17	453	448	901	250	2
	มุสลิม	0.03	490	515	1,005	290	2
	หอนาฬิกา	0.07	533	642	1,175	578	4
	ตลาดคอมแพล็กซ์	0.05	531	645	1,176	605	4
เขต 2	บ้านพักรถไฟ	0.10	469	462	931	570	3
	ศาลเจ้าพ่อเสือ	0.08	318	347	665	421	3
	ตลาดใหม่	0.18	880	1050	1,930	1,268	8
	กิมหยงสันติสุข	0.11	962	1,096	2,058	988	6
	พระเสนหา	0.12	573	626	1,199	702	4
	ป้อม 4	0.07	432	551	983	484	3
	แสงศรี	0.04	558	636	1,194	512	3
	สวนศิริ	0.05	404	477	881	358	2
	จิระนคร	0.24	657	798	1,455	652	4
	ทุ่งเขี้ยเขียงตั้ง	0.12	1,119	1,241	2,360	1,014	6
	ประชาธิปไตย	0.10	536	577	1,113	609	4
	สามชัย	0.11	633	764	1,397	720	4
	หน้าโรงเรียนญว.	0.08	432	554	986	713	4
	ชุมอุทิศ	0.09	328	405	733	343	2
	โรงพยาบาลกรุงเทพ	0.12	617	807	1,424	706	4
	บ้านจำ	0.1	645	840	1,485	539	3
	द्रุณศึกษา	0.21	725	912	1,637	983	6
	กลางนา	0.19	1,032	1,241	2,273	855	5
หน้าโรงเรียนโสตศึกษา	0.50	946	1,078	2,024	922	6	

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลชุมชนและประชากรในพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่ (ต่อ)

พื้นที่ ศึกษา	ชื่อชุมชน	พื้นที่ (km ²)	จำนวนประชากร (คน)			จำนวน ครัวเรือน (หลัง)	ขนาดกลุ่ม* ตัวอย่าง (หลัง)
			ชาย	หญิง	รวม		
	ห้วยนาหัก	0.39	670	796	1,466	1,092	7
	ซีกิมหยง	0.16	352	430	782	383	2
	ละม้ายสงเคราะห์	0.22	575	731	1,306	586	4
	คลองเรียน	0.22	960	1,195	2,155	1,419	9
	บ้านร่มเย็น	0.16	877	1,094	1,971	751	5
	ทุ่งคลองเรียน	0.16	358	374	732	267	2
	ตลาดคลองเรียน	0.21	399	435	834	457	3
	มอ.-คลองเรียน ๑	0.20	89	142	231	118	1
เขต 3	ริมควน	0.28	1,368	1,599	2,967	1,359	8
	คลองระบายน้ำที่ 1	0.25	1,032	1,188	2,220	869	5
	เทศาพัฒนา	0.15	656	762	1,418	553	3
	ตลาดพ่อพรหม	0.15	826	920	1,746	479	3
	ศาลาลุงทอง	0.15	643	701	1,344	513	3
	หลังที่ว่าการอำเภอ	0.15	576	629	1,205	252	2
	บ้านหาดใหญ่	0.19	583	674	1,257	643	4
	ท่าเคียน	0.22	367	465	832	477	3
	ดีแลนด์-ไทยเจริญ	0.16	640	786	1,426	523	3
	ปลั๊กกริม	0.22	596	661	1,257	595	4
	จันทร์ประทีป	0.16	332	379	711	209	1
	จันทร์วิโรจน์	0.15	559	716	1,275	465	3
	รัตนวิบูลย์	0.16	540	676	1,216	420	3
	จันทร์นิเวศน์	0.19	943	1,198	2,141	982	6
ทุ่งเสา	0.21	1,446	1,759	3,205	1,532	9	

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลชุมชนและประชากรในพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่ (ต่อ)

พื้นที่ ศึกษา	ชื่อชุมชน	พื้นที่ (km ²)	จำนวนประชากร (คน)			จำนวน ครัวเรือน (หลัง)	ขนาดกลุ่ม* ตัวอย่าง (หลัง)
			ชาย	หญิง	รวม		
	อู่ญี่ปุ่น	0.18	942	1,134	2,076	1,056	6
	ขนส่ง	0.25	772	865	1,637	926	6
	หน้าวัดคลองเรียน	0.20	466	536	1,002	1,527	9
	สามแยกคลองเรียน	0.16	268	288	556	268	2
	ผาสุก-เคียงดาว	0.19	675	812	1,487	652	4
	ไทยโฮเต็ล	0.20	534	717	1,251	645	4
	หน้าสถานีรถไฟ	0.17	582	671	1,253	1,099	7
	หลังโรงพัก	0.14	709	812	1,521	588	4
	หลังอู่รถไฟ	0.14	356	377	733	296	2
	ประชากรราษฎร์อุทิศ	0.16	430	535	965	396	2
	แฟลตเคหะใหม่	0.13	529	653	1,182	367	2
	แฟลตการเคหะเก่า	0.14	264	356	620	338	2
เขต 4	ท่าไทร	0.25	579	650	1,229	416	3
	สถานีอู่ตะเภา	0.05	93	102	195	72	1
	ตันโด	0.16	1,025	1,259	2,284	751	5
	หน้าโรงเหล้าสรรพสามิตร	0.28	491	534	1,025	454	3
	สี่จุกุล	0.21	966	1,179	2,145	879	5
	รัชมังคลาภิเษก	0.15	826	901	1,727	509	3
	บ้านฉาง	0.15	1,121	1,356	2,477	947	6
	สามทหาร	0.18	492	564	1,056	288	2
	บางหัก	0.22	849	948	1,797	739	5
	เกาะเสียบ	0.21	1,469	1,775	3,244	1,183	7
	รัตนอุทิศ	0.13	1,094	1,197	2,291	653	4

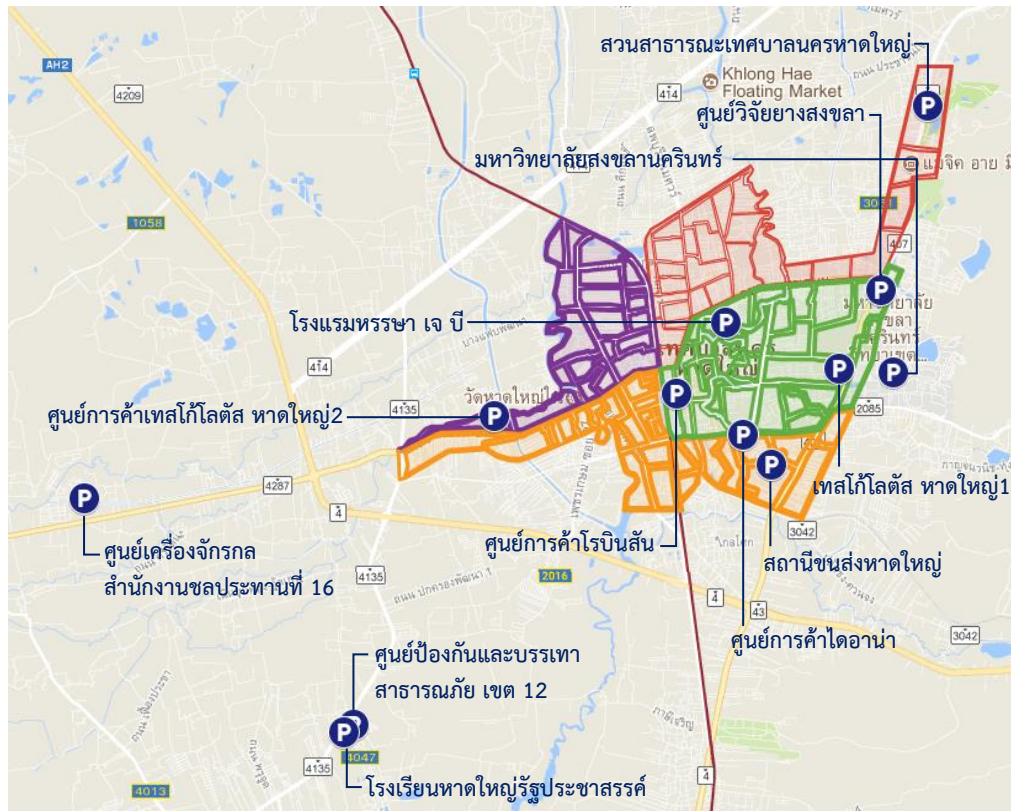
ตารางที่ 3.1 ข้อมูลชุมชนและประชากรในพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่ (ต่อ)

พื้นที่ ศึกษา	ชื่อชุมชน	พื้นที่ (km ²)	จำนวนประชากร (คน)			จำนวน ครัวเรือน (หลัง)	ขนาดกลุ่ม* ตัวอย่าง (หลัง)
			ชาย	หญิง	รวม		
	สถานี 2	0.17	1,471	1,621	3,092	788	5
	มงคลहरธา	0.17	963	1,190	2,153	1,289	8
	บ้านกลาง	0.15	328	443	771	282	2
	โคกสมาน	0.15	1,549	1,742	3,291	1,032	6
	หน้าอำเภอ	0.19	608	735	1,343	497	3
	ราษฎร์อุทิศ	0.17	858	1,074	1,932	1,103	7
	วัดโคกสมานคุณ	0.21	928	1,008	1,936	679	4
	วัดหาดใหญ่ใน	0.25	1,191	1,204	2,395	750	5
	สถานีขนส่งหาดใหญ่ใน	0.28	136	180	316	182	1
	หัวพานรถไฟ	0.19	246	316	562	197	1

ที่มา: สำนักทะเบียนท้องถิ่นเทศบาลนครหาดใหญ่ (2559)

* ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการคำนวณ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้พิจารณาจุดอพยพรถยนต์ (ศูนย์บรรเทาภัยพิบัติที่มีอยู่ในปัจจุบัน) โดยอ้างอิงข้อมูลจากเทศบาลนครหาดใหญ่ ปี 2553 จำนวน 13 จุดจอด ซึ่งได้แก่ (1) สวนสาธารณะเทศบาลนครหาดใหญ่ (2) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (3) เทสโก้โลตัสหาดใหญ่1 (4) ศูนย์วิจัยยางสงขลา (5) ศูนย์การค้าโรบินสัน หาดใหญ่ (6) โรงแรมहरธาเจปีหาดใหญ่ (7) สถานีขนส่ง (8) ศูนย์การค้าไดอาน่า (9) เทสโก้โลตัสหาดใหญ่ใน (10) ศูนย์เครื่องจักรกลเทศบาลนครหาดใหญ่ (11) ศูนย์ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยเขต12 (12) กองบิน56 และ (13) โรงเรียนหาดใหญ่รัฐประชาสรรค์ ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 จุดอพยพรถยนต์เมื่อเกิดอุทกภัยของเทศบาลนครหาดใหญ่

3.1.2 ออกแบบแบบสอบถาม สำหรับลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูล

งานวิจัยนี้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ในสภาพปัจจุบัน โดยมีการจัดทำแบบสอบถาม สำหรับสอบถามประชาชนในพื้นที่กรณีศึกษา โดยมีหัวข้อหลัก ๆ ประกอบด้วย ข้อมูลทั่วไป ข้อมูลในการอพยพรถยนต์เมื่อประสบปัญหาอุทกภัยที่ผ่านมาในปีพ.ศ. 2553 เมื่อเกิดปัญหาอุทกภัยในครั้งถัดไป ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น และข้อเสนอแนะ ดังแสดงในภาคผนวก ข

สำหรับงานวิจัยนี้มีการลงพื้นที่กรณีศึกษา เพื่อเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์สภาพปัจจุบัน โดยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง (Sample Size) เพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นว่าทุกหน่วยประชากรได้มีโอกาสรับเลือกเป็นตัวแทนของประชากร ซึ่งงานวิจัยนี้ได้กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างตามวิธีของ ทาโร ยามาเน่ (Taro Yamane, 1967) สูตรการคำนวณขนาดตัวอย่างสัดส่วน 1 กลุ่มโดยสมมุติค่าสัดส่วนเท่ากับ 0.5 และที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังต่อไปนี้

$$n = \frac{N}{1+Ne^2} \quad (3.1)$$

โดย n คือขนาดตัวอย่างที่คำนวณได้
 N คือจำนวนประชากรที่ทราบค่า
 e คือค่าความคลาดเคลื่อนที่จะยอมรับได้

จำนวนประชากร (N) ที่นำมาใช้ในการคำนวณหาขนาดกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้ จะใช้ข้อมูลระดับครัวเรือนทั้งหมดของเทศบาลนครหาดใหญ่

จากการรวบรวมข้อมูลประชากรจากสำนักทะเบียนท้องถิ่นเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา (ข้อมูล ณ วันที่ 11 ตุลาคม 2559) พบว่าพื้นที่ทั้ง 4 เขต มีจำนวนประชากร 149,293 คน จำนวนครัวเรือน 64,774 ครัวเรือน ซึ่งการคำนวณขนาดตัวอย่างของงานวิจัยนี้ ใช้ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย

กำหนดให้ N แทนจำนวนครัวเรือนของทั้ง 4 เขต (64,774 ครัวเรือน)
 e แทนระดับความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5% ใช้ค่า 0.05 แทนค่าในสูตร

ดังนั้น n ขนาดตัวอย่างที่คำนวณได้ คือ 398 กลุ่มตัวอย่าง

เมื่อได้กลุ่มตัวอย่างของพื้นที่ทั้ง 4 เขต นำมาคำนวณหาขนาดกลุ่มตัวอย่างของพื้นที่แต่ละเขต โดยใช้อัตราส่วนต่อจำนวนครัวเรือนของจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 จำนวนขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ต้องเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามในแต่ละเขตพื้นที่การศึกษา

เขต	จำนวนครัวเรือน	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง
1	14,623	89
2	18,432	113
3	18,029	110
4	13,690	85
รวม	64,774	397

จากข้อมูลในตารางที่ 3.2 นำไปแจกแจงหาจำนวนกลุ่มตัวอย่างของแต่ละชุมชนในแต่ละเขตที่เป็นพื้นที่การศึกษา แสดงดังตัวอย่างต่อไปนี้

จำนวนครัวเรือนทั้งหมดของ 103 ชุมชน คิดเป็นจำนวน 64,774 ครัวเรือน
 ชุมชนหน้าสวนสาธารณะ (พื้นที่เขต 1) มีจำนวนครัวเรือน 552 ครัวเรือน
 อัตราส่วนระหว่างจำนวนครัวเรือนทั้งหมด 103 ชุมชน กับจำนวนครัวเรือนของชุมชนหน้าสวนสาธารณะ = $\frac{64,774}{552} = 117.34$

ขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดที่ได้จากการคำนวณคิดเป็นจำนวน 397 ครัวเรือน
 อัตราส่วนระหว่างขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด กับอัตราส่วนของจำนวนชุมชนหน้าสวนสาธารณะ = $\frac{397}{117.34} = 3$

ดังนั้น จำนวนกลุ่มตัวอย่างของชุมชนหน้าสวนสาธารณะคิดเป็น 3 ครัวเรือน แสดงดังตารางที่ 3.1 (ขนาดกลุ่มตัวอย่าง*)

3.1.3 จำนวนรถยนต์ในพื้นที่การศึกษา

จากการลงพื้นที่การศึกษา เพื่อเก็บข้อมูลจากการสอบถามด้วยแบบสอบถาม สามารถคำนวณหาจำนวนรถยนต์ในสภาพปัจจุบันของแต่ละเขตพื้นที่การศึกษา โดยทำการเก็บข้อมูลจำนวนรถยนต์ทั้งหมดจากแบบสอบถามของแต่ละเขตพื้นที่ และหาอัตราส่วนจำนวนรถยนต์ต่อจำนวนครัวเรือน เช่น

ข้อมูลจากแบบสอบถามของพื้นที่การศึกษาเขต 1 มีจำนวนรถยนต์ทั้งหมด 124 คัน ซึ่งเป็นข้อมูลที่เก็บจากจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 89 กลุ่มตัวอย่าง และมีจำนวนครัวเรือน 14,623 ครัวเรือน

สามารถหาอัตราส่วนของจำนวนรถยนต์ต่อหนึ่งครัวเรือนเป็น $\frac{124}{89} = 1.39$ คัน

นำมาคำนวณหาจำนวนรถยนต์ปัจจุบันโดย $14,623 \times 1.39 = 20,374$ คัน

ดังนั้นมีจำนวนรถยนต์ในสภาพปัจจุบันของพื้นที่เขต 1 เป็น 20,374 คัน และคำนวณหาจำนวนรถยนต์ในปัจจุบันของพื้นที่การศึกษาเขตอื่น ๆ แสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 จำนวนรถยนต์ในสภาพปัจจุบันของแต่ละเขตพื้นที่การศึกษา

เขตพื้นที่	จำนวนครัวเรือน (หลัง)	จำนวนกลุ่ม ตัวอย่าง	จำนวนรถยนต์จาก แบบสอบถาม (คัน)	จำนวนรถยนต์สภาพ ปัจจุบัน (คัน)
1	14,623	89	124	20,374
2	18,432	113	160	26,098
3	18,029	110	142	23,274
4	13,690	85	118	18,784
รวม				88,530

จากข้อมูลในตารางที่ 3.3 จำนวนรถยนต์จากแบบสอบถามสามารถนำมาคำนวณหาจำนวนรถยนต์ในสภาพปัจจุบันของพื้นที่การศึกษาแต่ละเขต ซึ่งได้จำนวนรถยนต์ในสภาพปัจจุบันรวมของพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่ทั้งหมดเป็นจำนวน 88,530 คัน

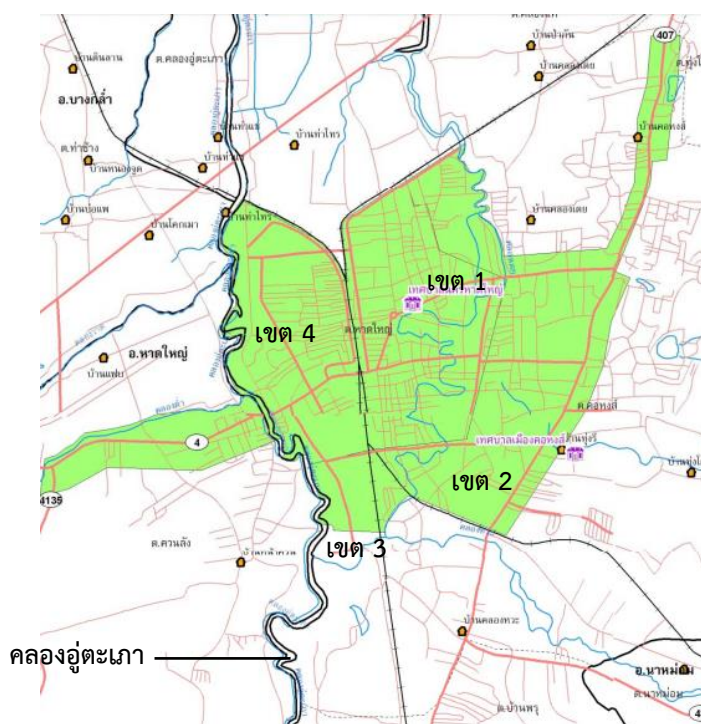
3.1.4 ข้อมูลพื้นที่การศึกษาที่ได้รับผลกระทบจากอุทกภัย

จากการลงพื้นที่การศึกษาเพื่อสอบถาม โดยใช้แบบสอบถามกับประชาชนในพื้นที่การศึกษาพบว่าในปี 2553 สัดส่วนประชาชนที่ได้รับผลกระทบจากอุทกภัย แสดงดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 สัดส่วนจำนวนครัวเรือนที่ประสบปัญหาอุทกภัยในเขตพื้นที่การศึกษาในปี 2553

พื้นที่การศึกษา (เขต)	ประสบปัญหาอุทกภัย (เปอร์เซ็นต์)	ไม่ประสบปัญหาอุทกภัย (เปอร์เซ็นต์)
1	93.26	6.74
2	84.96	15.04
3	78.18	21.82
4	100.00	0.00

จากตารางที่ 3.4 เป็นการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ของจำนวนครัวเรือนที่ประสบปัญหาอุทกภัยและไม่ประสบปัญหาอุทกภัย ที่ได้จากแบบสอบถามในการลงพื้นที่การศึกษาทั้ง 4 เขต พบว่าพื้นที่การศึกษาทั้ง 4 เขต ประสบปัญหาอุทกภัย โดยเฉพาะพื้นที่เขตที่ 4 ที่ประสบปัญหาอุทกภัย 100 เปอร์เซ็นต์ และมีพื้นที่เขตที่ 3, 2 และ 1 ประสบปัญหาอุทกภัยรองลงมาตามลำดับ ซึ่งมีความสอดคล้องกับข้อมูลลักษณะภูมิประเทศของเทศบาลนครหาดใหญ่ที่มีคลองอยู่ตะเภาไหลมาจากอำเภอสะเดาทางใต้ขนานอยู่ที่ทิศตะวันตก ดังรูปที่ 3.4



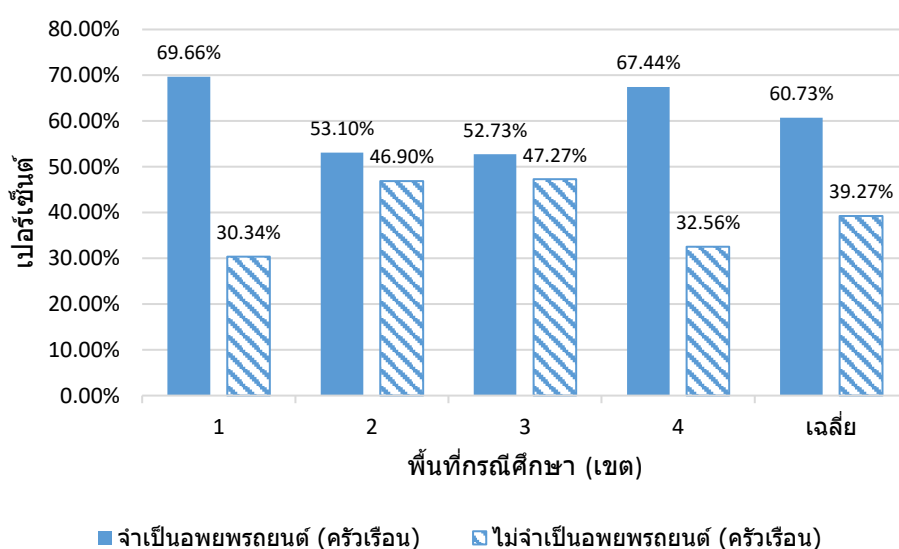
รูปที่ 3.4 แผนที่เขตเทศบาลนครหาดใหญ่

ที่มา: คลังข้อมูลลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา สืบค้นจาก (<http://slbkb.psu.ac.th>)

จากรูปที่ 3.4 จะเห็นว่าคลองอุตะเถาไหลผ่านเขต 3 และ 4 ที่เป็นจุดแผ้วระวังน้ำท่วม รวมถึงพื้นที่เขต 4 เป็นที่ราบลุ่มจึงประสบปัญหาอุทกภัย 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพื้นที่เขต 3 พบว่าชุมชนส่วนใหญ่ประสบปัญหาอุทกภัย เช่น ชุมชนท่าเคียน ศาลาลุงทอง จันทร่ประทีป เป็นต้น และชุมชนที่ไม่ประสบปัญหาอุทกภัย เช่น ชุมชนผาสุก-เคียงดาว เนื่องจากพื้นที่ส่วนนี้เป็นที่ราบเชิงเขา อีกทั้งข้อมูลดังกล่าวสามารถเชื่อมโยงไปถึงการอพยพรถยนต์ของประชาชนในพื้นที่การศึกษา ซึ่งอธิบายในหัวข้อถัดไป

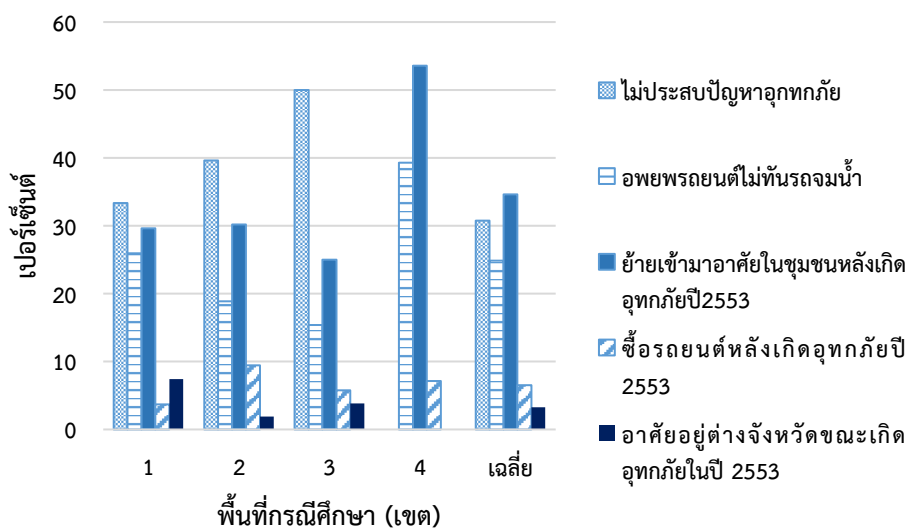
3.1.5 ข้อมูลความจำเป็นในการอพยพรถยนต์ไปยังพื้นที่ไม่ประสบอุทกภัย

จากปัญหาอุทกภัยภายในเทศบาลนครหาดใหญ่ ในปีพ.ศ. 2553 ส่งผลให้ประชาชนอพยพรถยนต์ไปยังพื้นที่สูงที่น้ำท่วมไม่ถึงไม่ทันการณ์ และจากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลความจำเป็นในการอพยพรถยนต์ สามารถแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ประเภท คือ จำเป็นอพยพรถยนต์ และ ไม่จำเป็นอพยพรถยนต์ แสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ความจำเป็นในการอพยพรถยนต์ไปยังจุดที่ไม่ประสบปัญหาอุทกภัย

จากรูปที่ 3.5 เปอร์เซ็นต์ความจำเป็นในการอพยพรถยนต์ในทุก ๆ เขตพื้นที่การศึกษาจะสูงกว่าความไม่จำเป็นในการอพยพ เนื่องจากทั้ง 4 เขตพื้นที่การศึกษาประสบปัญหาอุทกภัยจึงมีการอพยพไปยังจุดที่ไม่ประสบปัญหาอุทกภัย และในส่วนของความไม่จำเป็นในการอพยพรถยนต์สามารถแบ่งสาเหตุได้ ดังรูปที่ 3.6



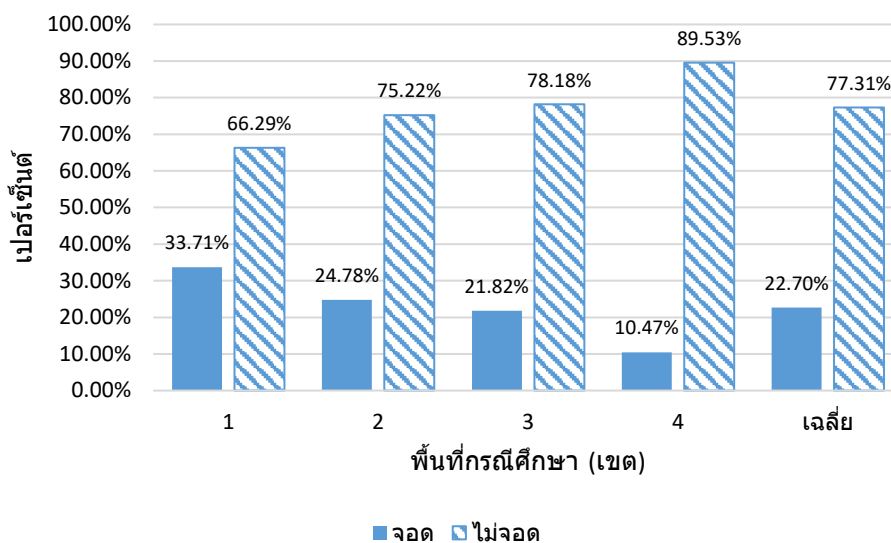
รูปที่ 3.6 สาเหตุของความไม่จำเป็นในการอพยพพรณต์ไปยังจุดที่ไม่ประสบปัญหาอุทกภัย

จากรูปที่ 3.6 แสดงสาเหตุความไม่จำเป็นในการอพยพพรณต์ไปยังจุดที่ไม่ประสบอุทกภัยสามารถแบ่งออกเป็น 5 สาเหตุ ได้แก่ ไม่ประสบปัญหาน้ำท่วม อพยพพรณต์ไม่ทันทำให้รถจมน้ำ เพิ่งย้ายเข้ามาอาศัยในชุมชนหลังเกิดอุทกภัยปี 2553 ซึ้อรณต์หลังเกิดอุทกภัยปี 2553 และ อาศัยอยู่ต่างจังหวัดขณะเกิดอุทกภัยในปี 2553 ซึ่งพื้นที่เขต 1, 2 และ 3 ประกอบไปด้วยสาเหตุทั้งหมดที่กล่าวมา ยกเว้นพื้นที่เขต 4 ที่ไม่พบ 2 สาเหตุ ได้แก่ ไม่ประสบปัญหาน้ำท่วม เนื่องจากพื้นที่เขต 4 ประสบปัญหาอุทกภัย 100 เปอร์เซ็นต์ และอาศัยอยู่ต่างจังหวัดขณะเกิดอุทกภัยในปี 2553

เมื่อพิจารณาทั้ง 5 สาเหตุของความไม่จำเป็นในการอพยพพรณต์ไปยังจุดที่ไม่ประสบอุทกภัย จะเห็นว่ามี 4 สาเหตุหลักที่จะต้องเตรียมรับมือกับปัญหาอุทกภัยที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต ได้แก่ อพยพพรณต์ไม่ทันทำให้รถจมน้ำ เพิ่งย้ายเข้ามาอาศัยในชุมชนหลังเกิดอุทกภัยปี 2553 ซึ้อรณต์หลังเกิดอุทกภัยปี 2553 และ อาศัยอยู่ต่างจังหวัดขณะเกิดอุทกภัยในปี 2553 ซึ่งงานวิจัยนี้ได้นำทั้ง 4 สาเหตุมาพิจารณาต่อไป เพราะเมื่อเกิดอุทกภัยจริงสาเหตุเหล่านี้ควรรับผลกระทบน้อยที่สุด

3.1.6 ข้อมูลการอพยพพรณต์ไปยังศูนย์บรรเทาภัยพิบัติ เมื่อประสบอุทกภัยใน ปี 2553

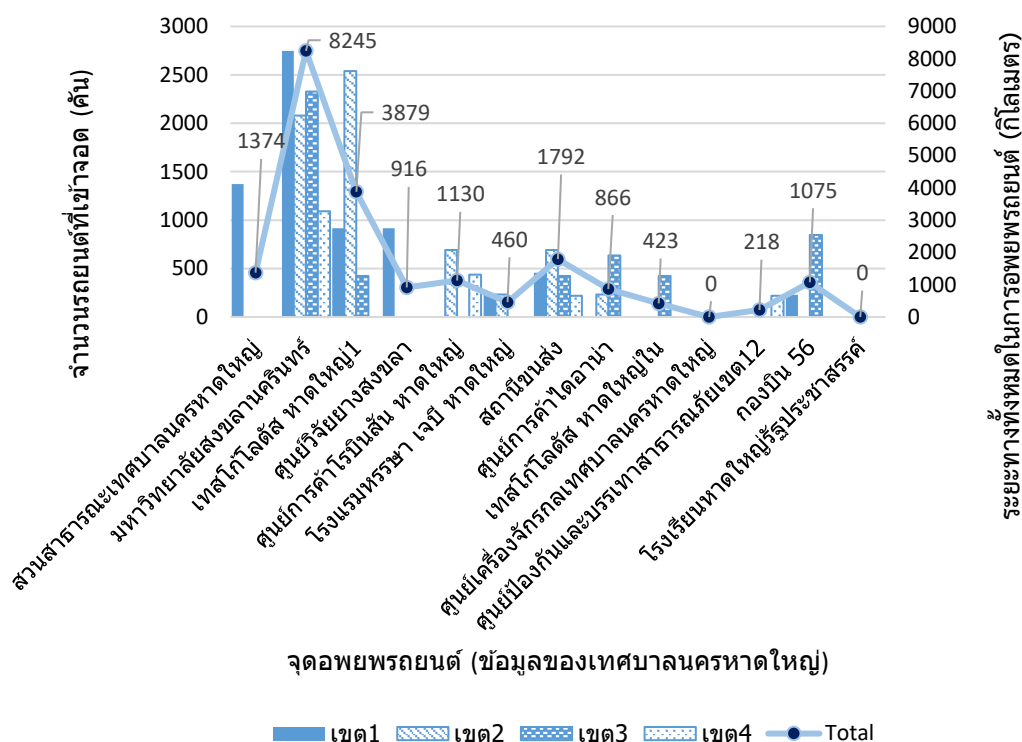
เมื่อเกิดอุทกภัยทั้ง 4 เขตพื้นที่กรณีศึกษา ประชาชนอพยพพรณต์ไปยังจุดที่ไม่ประสบอุทกภัย โดยในงานวิจัยนี้ได้รวบรวมข้อมูลของจุดอพยพพรณต์ (ศูนย์บรรเทาภัยพิบัติ) ที่เปิดให้บริการภายในพื้นที่กรณีศึกษา (อ้างอิงข้อมูลจากเทศบาลนครหาดใหญ่) ที่เปิดให้บริการทั้งหมด 13 จุดจอต ดังตารางที่ 3.2 และทำการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนรณต์ที่อพยพไปยังจุดจอตที่เปิดให้บริการทั้งหมด 13 จุดจอต ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 การอพยพรถยนต์ไปยังศูนย์บรรเทาภัยพิบัติ

จากรูปที่ 3.7 ประชาชนอพยพรถยนต์ไปยังจุดจอดที่เปิดให้บริการทั้งหมด 13 จุดจอด เป็นเปอร์เซ็นต์ที่ค่อนข้างน้อย โดยเฉพาะพื้นที่เขต 4 ของพื้นที่กรณีศึกษาที่มีการอพยพไปยังจุดจอดที่เปิดให้บริการทั้ง 13 จุดจอดน้อยที่สุด อันเนื่องมาจากจุดจอดที่เปิดให้บริการอยู่ห่างไกลจากชุมชนในพื้นที่เขต 4 และสาเหตุอื่น ๆ ที่ประชาชนไม่อพยพไปยังจุดจอดที่เปิดให้บริการ ได้แก่ ประชาชนในแต่ละเขตพื้นที่ไม่ทราบข้อมูลจุดจอดที่เปิดให้บริการ หรือ จุดจอดที่ประชาชนทราบว่าเปิดให้บริการ ไม่สามารถให้บริการแก่ประชาชนได้ เนื่องจากความจุในการรองรับรถยนต์ไม่เพียงพอต่อความต้องการของประชาชน

จุดอพยพรถยนต์ที่เปิดให้บริการทั้งหมด 13 จุดจอดในปัจจุบัน ไม่ประสบปัญหาน้ำท่วม เนื่องจากอยู่บนพื้นที่สูง และในส่วนของห้างสรรพสินค้ามีลานสำหรับจอดรถยนต์ภายในตัวอาคารหลายชั้น ส่งผลให้ประชาชนที่อพยพรถยนต์มาที่จุดจอดที่เปิดให้บริการทั้ง 13 จุดจอดปลอดภัยจากน้ำ โดยมีจำนวนของรถยนต์แต่ละเขตพื้นที่กรณีศึกษาเข้าจอดที่จุดจอดทั้ง 13 จุดจอด ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 จำนวนรถยนต์ในแต่ละเขตที่อพยพมายังจุดจอดที่เปิดให้บริการทั้งหมด 13 จุด

จากรูปที่ 3.8 จุดจอดรถยนต์ที่ประชาชนเข้ามาใช้บริการมากที่สุด คือ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จำนวน 8,245 คัน ลำดับถัดมาเทสโก้โลตัสหาดใหญ่ 1 จำนวน 3,879 คัน และจุดจอดรถยนต์ที่ไม่มีการอพยพเข้าไปใช้บริการ คือ ศูนย์เครื่องจักรกลเทศบาลนครหาดใหญ่ และ โรงเรียนหาดใหญ่รัฐประชาสรรค์ และสาเหตุที่ประชาชนไม่อพยพรถยนต์ไปยังจุดจอดรถยนต์ที่เปิดให้บริการทั้ง 2 จุดจอด เพราะจุดจอดทั้งสองอยู่ไกลออกไปจากพื้นที่กรณีศึกษา และประชาชนไม่ทราบว่ทั้ง 2 จุดจอด เปิดให้บริการแก่ประชาชนโดยอพยพรถยนต์มาจอดได้

3.2 ประเมินการอพยพรถยนต์ในสถานการณ์ปัจจุบัน

หลังจากเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนที่ 3.1 แล้วนำมาประเมินการอพยพรถยนต์ในสถานการณ์ปัจจุบัน โดยประเมินระยะทางอพยพรถยนต์ทั้งหมดจากชุมชนไปยังจุดจอดที่เปิดให้บริการทั้งหมด 13 จุดจอด ปริมาณความต้องการในการอพยพรถยนต์ไปยังจุดจอดรถยนต์ที่เปิดให้บริการ (ศูนย์บรรเทาภัยพิบัติ) ความจุในการรองรับรถยนต์ของจุดจอดอพยพรถยนต์ และ วิเคราะห์หาจุดจอดอพยพรถยนต์ (ศูนย์บรรเทาภัยพิบัติ) เพิ่มเติมที่มีความเป็นไปได้ ในกรณีที่จุดจอดอพยพรถยนต์ที่มีอยู่ไม่สามารถรองรับจำนวนรถยนต์ที่อพยพมาจอดได้ ซึ่งอธิบายรายละเอียดในบทที่ 4

3.3 พัฒนาแบบจำลองการอพยพรถยนต์ไปยังศูนย์บรรเทาภัยพิบัติ

จากการประเมินสถานการณ์ในปัจจุบัน ทำการวิเคราะห์หาระยะทางรวมทั้งหมดในการอพยพรถยนต์ ปริมาณความต้องการในการอพยพรถยนต์ ความจุในการรองรับรถยนต์ เพื่อกำหนด

จำนวนศูนย์บรรเทาภัยพิบัติ และที่ตั้งของศูนย์บรรเทาภัยพิบัติที่เหมาะสมโดยอ้างอิงจากระดับความสูงของน้ำทะเล และข้อมูลพื้นที่ประสบอุทกภัยในอดีต และทำการสร้างข้อเสนอทางเลือกในหลาย ๆ รูปแบบ โดยการประยุกต์ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับสถานการณ์ข้อเสนอทางเลือกแต่ละแบบ เพื่อพิจารณาระยะทางรวมในการอพยพรถยนต์ไปยังศูนย์บรรเทาภัยพิบัติ และเป็นแนวทางในการอพยพรถยนต์ เมื่อเกิดอุทกภัยในพื้นที่กรณีศึกษาจริง ซึ่งอธิบายรายละเอียดในบทที่ 5

3.4 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบแบบจำลองในรูปแบบต่าง ๆ

วิเคราะห์ผลที่ได้จากทางเลือกต่าง ๆ ที่นำเสนอ และนำมาเปรียบเทียบกับสภาพปัจจุบัน พร้อมทั้งพิจารณาระยะทางอพยพรถยนต์รวมทั้งหมดจากชุมชนไปยังศูนย์บรรเทาภัยพิบัติในพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่ ซึ่งอธิบายรายละเอียดในบทที่ 5

3.5 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity analysis) เป็นการทดสอบความไวของข้อสรุปที่ได้จากการวิเคราะห์ โดยมีข้อมูลของพารามิเตอร์เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยมีการแทนที่ของตัวเลขใหม่ ที่แตกต่างไปจากในระดับที่กำหนด ลงไปแทนตัวเลขที่ใช้อยู่เดิม และทำการคำนวณใหม่อีกครั้ง แล้วทำการวิเคราะห์ผลว่าแตกต่างไปจากเดิมมากน้อยเพียงใด ในงานวิจัยนี้มีการวิเคราะห์ความไวของตัวแบบคณิตศาสตร์ โดยมีตัวแปรทดสอบ คือจำนวนของรถยนต์ที่ต้องการอพยพจากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ที่เปิดให้บริการ ซึ่งข้อมูลจำนวนรถยนต์ที่ได้จากแบบสอบถามในการลงพื้นที่เขตเทศบาลนครหาดใหญ่ มีจำนวนรถยนต์ 88,530 คัน และเมื่อทำการสอบถามไปยังเทศบาลนครหาดใหญ่ พบว่ามีจำนวนรถยนต์ที่เสียหายประจำปีเป็น 92,984 คัน ซึ่งมีการเพิ่มขึ้นจากข้อมูลเดิมประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นในการวิเคราะห์ความไวนี้ จึงแทนจำนวนรถยนต์ที่ต้องการอพยพให้เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 และ 10 เพื่อให้ครอบคลุมการเปลี่ยนแปลงของจำนวนรถยนต์ที่ต้องการอพยพ

3.6 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะในการอพยพรถยนต์เมื่อเกิดอุทกภัยจริง

สรุปผลที่ได้จากการวิจัย ทั้งในด้านการประเมินการวางแผนการอพยพรถยนต์ในปัจจุบัน และจากข้อเสนอทางเลือกในรูปแบบต่าง ๆ ผ่านตัวแบบทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งระยะทางรวมทั้งหมดในการอพยพรถยนต์ไปยังศูนย์บรรเทาภัยพิบัติในพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประกอบการตัดสินใจในการอพยพรถยนต์ไปยังศูนย์บรรเทาภัยพิบัติ เมื่อเกิดอุทกภัยจริง สำหรับเขตพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ซึ่งรวมถึงข้อจำกัดต่าง ๆ ในการนำไปใช้งานจริงที่ต้องพิจารณาเพิ่มเติม เช่น ด้านการยกระดับความปลอดภัยของจุดจอดรถยนต์ทั้งเก่าและใหม่ และด้านการประชาสัมพันธ์ และอำนวยความสะดวกแก่ประชาชนที่ประสบอุทกภัย โดยอธิบายรายละเอียดในบทที่ 6

บทที่ 4

การประเมินการอพยพรถยนต์ในสถานการณ์ปัจจุบัน

การประเมินการอพยพรถยนต์ในสถานการณ์ปัจจุบัน และพัฒนาแบบจำลองการอพยพรถยนต์ไปยังจุดจอดรถยนต์ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1) การประเมินปริมาณความต้องการในการอพยพรถยนต์ 2) การประเมินความจุในการรองรับรถยนต์ของจุดอพยพรถยนต์ 3) การประเมินระยะทางรวมทั้งหมดในการอพยพรถยนต์ไปยังจุดอพยพรถยนต์ที่ทางเทศบาลนครหาดใหญ่เปิดให้บริการ 13 จุดจอด และจุดจอดอื่น ๆ

4.1 การประเมินปริมาณความต้องการในการอพยพรถยนต์

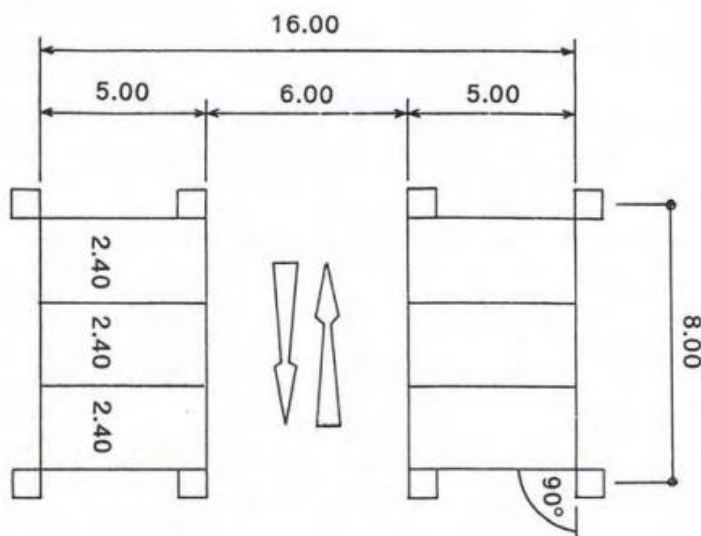
จากจำนวนรถยนต์ในสภาพปัจจุบันของแต่ละเขตพื้นที่การศึกษาในตารางที่ 3.3 ซึ่งได้มาจากการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถาม (ดังแสดงในภาคผนวก ข) โดยสอบถามจากประชาชนในพื้นที่การศึกษา มีจำนวนทั้งหมด 88,530 คัน แล้วทำการประเมินการอพยพรถยนต์ไปยังพื้นที่ไม่ประสบอุทกภัย แบ่งเป็นประเภทการอพยพรถยนต์ออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การอพยพรถยนต์ไปยังจุดอพยพรถยนต์ที่ทางเทศบาลนครหาดใหญ่เปิดให้บริการ 13 จุดจอด และ การอพยพรถยนต์ไปยังจุดอพยพรถยนต์อื่น ๆ ดังแสดงในหัวข้อที่ 4.3

4.2 การประเมินความจุในการรองรับรถยนต์ของจุดอพยพรถยนต์

จุดอพยพรถยนต์ที่ทางเทศบาลนครหาดใหญ่เปิดให้บริการมีทั้งหมด 13 จุดจอด ประกอบด้วย (1) สวนสาธารณะเทศบาลนครหาดใหญ่ (2) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (3) เทสโก้ โลตัสหาดใหญ่ 1 (4) ศูนย์วิจัยยางสงขลา (5) ศูนย์การค้าโรบินสันหาดใหญ่ (6) โรงแรมทรราชเจบี หาดใหญ่ (7) สถานีขนส่ง (8) ศูนย์การค้าไดอาน่า (9) เทสโก้ โลตัสหาดใหญ่ใน (10) ศูนย์เครื่องจักรกลเทศบาลนครหาดใหญ่ (11) ศูนย์ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยเขต 12 (12) กองบิน 56 และ (13) โรงเรียนหาดใหญ่รัฐประชาสรรค์ ซึ่งจุดอพยพรถยนต์ทั้ง 13 จุดจอด ที่อ้างอิงข้อมูลมาจากเทศบาลนครหาดใหญ่ ปี 2553 ไม่ได้ระบุขีดความจุในการรองรับจำนวนรถยนต์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการเก็บข้อมูลโดยการสอบถาม และคำนวณจำนวนการรองรับรถยนต์จากพื้นที่จริง โดยจุดอพยพรถยนต์ที่เปิดให้บริการทั้ง 13 จุดจอด มีจำนวน 2 จุดจอดที่คำนวณจำนวนความจุในการรองรับรถยนต์ ได้แก่ สวนสาธารณะเทศบาลนครหาดใหญ่ และมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

4.2.1 ประเมินความจุในการรองรับรถยนต์ของสวนสาธารณะเทศบาลนครหาดใหญ่

การประเมินความจุในการรองรับรถยนต์โดยการคำนวณจากพื้นที่จริงของจุดอพยพรถยนต์ที่ทางเทศบาลนครหาดใหญ่เปิดให้บริการมีอยู่ 2 จุดจอด คือ สวนสาธารณะเทศบาลนครหาดใหญ่ และ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สามารถคำนวณโดยการอ้างอิงการจัดฝั่งที่จอดรถยนต์ ของกฎกระทรวง ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ผังที่จอดรถยนต์ตั้งฉาก

ที่มา: สมาคมอุตสาหกรรมก่อสร้างไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ สืบค้นจาก (<http://www.tca.or.th>)

จากรูปที่ 4.1 เป็นผังที่จอดรถยนต์ในแนวตั้งฉาก โดยนำสัดส่วนตัวเลขของความกว้าง ยาว ของผังที่จอดรถยนต์มาคำนวณหาพื้นที่จอดรถยนต์เมื่อเกิดอุทกภัย ซึ่งสวนสาธารณะเทศบาลนครหาดใหญ่มีพื้นที่ทั้งหมดกว่า 914 ไร่ โดยแบ่งเป็นพื้นที่ลานกว้างจำนวน 4 ลาน แต่ละลานมีพื้นที่ 7,000 ตารางเมตร ส่วนเส้นทางถนนที่ใช้สัญจรมีระยะทาง 13 กิโลเมตร เมื่อคำนวณพื้นที่ลานกว้าง โดยใช้ตัวเลขตามผังที่จอดรถยนต์ (ดังรูปที่ 4.1) จะได้จำนวนขีดความสามารถในการรองรับรถยนต์ของสวนสาธารณะเทศบาลนครหาดใหญ่ประมาณ 5,772 คัน

4.2.2 ประเมินความจุในการรองรับรถยนต์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

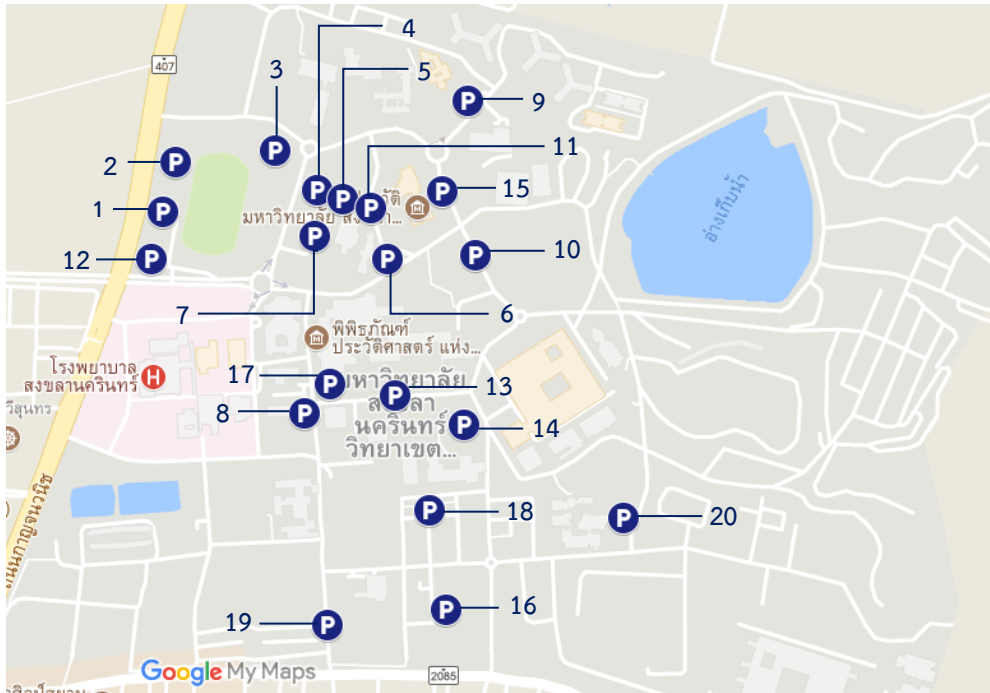
การประเมินความจุในการรองรับรถยนต์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้ 1) ทำการสอบถามข้อมูลพื้นที่จอดรถยนต์ส่วนกลางของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จาก กองอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 2) ทำการประเมินความจุในการรองรับรถยนต์จากพื้นที่จริง ของพื้นที่ที่ยังไม่มีในสำรวจของกองอาคารสถานที่ เช่น พื้นที่ว่างที่สามารถจอดรถยนต์ได้ เมื่อเกิดเหตุจำเป็น เส้นทางที่ใช้สัญจรในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เป็นต้น ซึ่งพื้นที่จอดรถยนต์ที่ทางกองอาคารสถานที่ได้สำรวจ ดังแสดงตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 พื้นที่จอดรถยนต์ส่วนกลางของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ลำดับ	พื้นที่จอดรถยนต์	จำนวน (คัน)
1	ลานจอดรถหลังร้านขายยา	122
2	ลานจอดสนามเปตอง (หน้างานร.ป.ภ.)	100
3	ลานจอดรถหน้าคณะศิลปศาสตร์ (ลานท่าเสา)	176
4	ลานจอดรถลานประตู	70
5	ลานจอดรถหน้าลานต้นปีป	88
6	ลานจอดรถหน้าศูนย์คอม	113
7	ลานจอดรถหน้าสำนักงานอธิการบดี	25
8	ลานจอดรถหลังคณะพยาบาล อาคาร2	26
9	ลานจอดรถหน้าคาเฟ่	23
10	ขอบถนนข้างตึกฟักทอง	12
11	ขอบถนนหน้าสหกรณ์ถึง ว.จ.ก.	20
12	หน้าร้านขายยา และแนวรั้ว	40
13	ขอบถนนวิทยวิถี แยกพยาบาล3 ถึงแยกพิสิทส์	25
14	ลานจอดรถ BSC	85
15	ลานหน้าหอประวัติ	4
16	ลานจอดรถตลาดเกษตร	150
17	ลานจอดรถ NML คณะวิทย์	42
18	ลานจอดรถคณะทรัพย์	224
19	ขอบถนนแยกวาริชศาสตร์ถึงประตู108	25
20	ลานจอดรถคณะอุตสาหกรรมเกษตร	70
รวม		1,440

ที่มา: กองอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

จากตารางที่ 4.1 แสดงพื้นที่จอดรถยนต์ส่วนกลางของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่ได้สำรวจจากกองอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งสามารถรองรับรถยนต์เป็นจำนวนรวมทั้งหมด 1,440 คัน แสดงแผนที่ดังรูปที่ 4.2 และยังมีพื้นที่อื่น ๆ ที่ยังไม่ได้สำรวจซึ่งเป็นพื้นที่ที่สามารถรองรับการอพยพรถยนต์ได้ เช่น สนามฟุตบอล ลานว่างข้างสระว่ายน้ำ เป็นต้น รวมทั้งเส้นทางที่ใช้สัญจรในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (สามารถจอดได้ชั่วคราวเมื่อเกิดอุทกภัย)



รูปที่ 4.2 แผนที่พื้นที่จอดรถยนต์ส่วนกลางของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

จากการสำรวจพื้นที่จอดรถยนต์อื่น ๆ ภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สามารถหาพื้นที่สำหรับรองรับรถยนต์ได้ โดยบริเวณพื้นที่ดังกล่าวเป็นลานกว้างซึ่งมีทั้งหมด 6 ลาน ได้แก่ พื้นที่ว่างหลังคณะอุตสาหกรรมเกษตร 2 ลาน ลานว่างข้างสระว่ายน้ำ ลานว่างข้างคณะสัตวแพทยศาสตร์ ลานสนามหญ้าหน้าคณะทรัพยากรธรรมชาติ และสนามฟุตบอล (สนามบน) แล้วทำการคำนวณหาความจุในการรองรับรถยนต์จากพื้นที่ของทั้ง 6 ลาน ได้เป็น 1,656 คัน และเส้นทางที่ใช้สัญจรในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (สามารถจอดได้ชั่วคราวเมื่อเกิดอุทกภัย) โดยคำนวณจากระยะทางของเส้นทางถนน และคำนวณโดยให้รถยนต์สามารถจอดได้เพียงฝั่งเดียวของถนน ซึ่งคิดเป็นความสามารถในการรองรับรถยนต์เป็นจำนวน 1,340 คัน ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แผนที่สำรวจลานว่างและเส้นทางการสัญจรจอดรถยนต์ในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เมื่อทำการประเมินพื้นที่ที่สามารถรองรับรถยนต์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ทั้งที่ได้จากการสำรวจของกองอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และคำนวณพื้นที่จริงของลานกว้าง 6 ลาน พร้อมทั้งเส้นทางในการในการสัญจรภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ รวมทั้งหมดแล้วสามารถรองรับรถยนต์ได้ที่มีความจุ 4,440 คัน

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลความจุในการรองรับรถยนต์ของจุดอพยพรถยนต์ (ศูนย์บรรเทาภัยพิบัติที่มีอยู่ในปัจจุบัน) ในพื้นที่กรณีศึกษา

ลำดับ	จุดอพยพรถยนต์ (ศูนย์บรรเทาภัยพิบัติ)	ความจุที่สามารถรองรับรถยนต์ (คัน)
1	สวนสาธารณะเทศบาลนครหาดใหญ่	5,772
2	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	4,440
3	เทสโก้โลตัส หาดใหญ่1	850

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลความจุในการรองรับรถยนต์ของจุดอพยพรถยนต์ (ศูนย์บรรเทาภัยพิบัติที่มีอยู่ในปัจจุบัน) ในพื้นที่กรณีศึกษา (ต่อ)

ลำดับ	จุดอพยพรถยนต์ (ศูนย์บรรเทาภัยพิบัติ)	ความจุที่สามารถรองรับรถยนต์ (คัน)
4	ศูนย์วิจัยยางสงขลา	500
5	ศูนย์การค้าโรบินสัน หาดใหญ่	360
6	โรงแรมहरรรษา เจบี หาดใหญ่	130
7	สถานีขนส่ง	100
8	ศูนย์การค้าไดอาน่า	400
9	เทสโก้โลตัส หาดใหญ่ใน	750
10	ศูนย์เครื่องจักรกลเทศบาลนครหาดใหญ่	80
11	ศูนย์ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยเขต12	200
12	กองบิน 56	3,000
13	โรงเรียนหาดใหญ่รัฐประชาสรรค์	1,000
	รวม	17,582

จากตารางที่ 4.2 แสดงความจุในการรองรับรถยนต์ของจุดอพยพรถยนต์ทั้ง 13 จุดจอด (ศูนย์บรรเทาภัยพิบัติที่มีอยู่ในปัจจุบัน) ในพื้นที่กรณีศึกษา ซึ่งสามารถรองรับรถยนต์เป็นจำนวนทั้งหมด 17,582 คัน

4.3 การประเมินการอพยพรถยนต์ไปยังจุดอพยพรถยนต์ในสภาพปัจจุบัน

การประเมินการอพยพรถยนต์จากชุมชนภายในเทศบาลนครหาดใหญ่ จำนวน 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ที่เปิดให้บริการทั้งหมด 13 จุดจอด ซึ่งข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามสามารถแบ่งการอพยพรถยนต์ของประชาชนในพื้นที่กรณีศึกษาเป็น 2 ประเภท คือ การอพยพรถยนต์ไปยังจุดจอดที่เปิดให้บริการทั้งหมด 13 จุดจอด และการอพยพรถยนต์ไปยังจุดจอดอื่นๆ

4.3.1 การประเมินการอพยพรถยนต์ไปยังจุดอพยพรถยนต์ที่เปิดให้บริการทั้งหมด 13 จุด

การประเมินการอพยพรถยนต์ไปยังจุดอพยพรถยนต์ที่ทางเทศบาลนครหาดใหญ่เปิดให้บริการทั้งหมด 13 จุดจอด ซึ่งจะทำให้การประเมินการอพยพรถยนต์จากชุมชนภายในเทศบาลนครหาดใหญ่ จำนวน 103 ชุมชน จะถูกแทนด้วยสัญลักษณ์ i เช่น $i1$ แทนชุมชนหน้าสวนสาธารณะ ไปยังจุดอพยพรถยนต์ที่เปิดให้บริการทั้งหมด 13 จุดจอด ซึ่งจะถูกแทนด้วยสัญลักษณ์ j เช่น $j1$ แทนสวนสาธารณะเทศบาลนครหาดใหญ่ (ดังตารางในภาคผนวก ก) โดยคำนวณร่วมกับข้อมูลที่ได้มาจกแบบสอบถามประชาชนในพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่ ดังแสดงตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 จำนวนแบบสอบถามที่ได้มาจากการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง

จุดอพยพ พรณต์ (<i>j</i>)	ชุมชน (<i>i</i>)												
	สวนสาธารณะเทศบาลนครหาดใหญ่	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	เพสโกโลตัส หาดใหญ่1	ศูนย์วิจัยทางสงขลา	ศูนย์การค้าโรบินสัน หาดใหญ่	โรงแรมพริษา เจบี หาดใหญ่	สถานีขนส่ง	ศูนย์การค้าไดอาน่า	เพสโกโลตัส หาดใหญ่ใน	ศูนย์เครื่องจักรกลเทศบาลนครหาดใหญ่	ศูนย์ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยเขต12	กองบิน 56	โรงเรียนหาดใหญ่รัฐประชาสรรค์
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
102	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

จากตารางที่ 4.3 เป็นการคำนวณระยะทางการอพยพพรณต์จากชุมชนต่าง ๆ ทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพพรณต์ที่เปิดให้บริการ 13 จุดจุดในสภาพปัจจุบัน โดยใส่ข้อมูลจำนวนตัวแทนขนาดกลุ่มตัวอย่าง (ครัวเรือน) ที่มีการอพยพพรณต์ เช่น ชุมชน *i*4 มีการอพยพพรณต์ไปยังมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เป็นจำนวน 2 ครัวเรือน แล้วคำนวณหาจำนวนประชากรจริงจากขนาดกลุ่มตัวอย่าง แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 จำนวนประชากรจริงที่คำนวณมาจากขนาดกลุ่มตัวอย่าง

จุดอพยพ รถยนต์ (j)	ชุมชน (i)												
	สวนสาธารณะเทศบาลนครหาดใหญ่	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	เทสโก้โลตัส หาดใหญ่1	ศูนย์วิจัยยางสงขลา	ศูนย์การค้าโรบินสัน หาดใหญ่	โรงแรมทรธา เจบี หาดใหญ่	สถานีขนส่ง	ศูนย์การค้าไดอาน่า	เทสโก้โลตัส หาดใหญ่ใน	ศูนย์เครื่องจักรกลเทศบาลนครหาดใหญ่	ศูนย์ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยเขต12	กองบิน 56	โรงเรียนหาดใหญ่รัฐประชาสรรค์
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	329	0	164	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	164	0	0	329	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	164	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	164	0	164	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	329	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	164	0	0	0	0	0	164	0	0	0	0	0	0
11	164	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	329	329	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
102	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

จากตารางที่ 4.4 การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง (ครีวเรือน) ให้อยู่ในรูปจำนวนประชากรจริง (ครีวเรือน) โดยการหาอัตราส่วนระหว่างขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ทำการอพยพรถยนต์ กับขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดของพื้นที่เขตนั้น ๆ แล้วคูณด้วยจำนวนประชากรจริง (ครีวเรือน) ของเขตนั้น ๆ จะได้จำนวนประชากรจริงที่อยู่ในหน่วยครีวเรือน คำนวณด้วยสมการ ดังนี้

$$\text{จำนวนประชากรจริง} = \left(\frac{\text{จำนวนแบบสอบถาม}}{\text{จำนวนขนาดกลุ่มตัวอย่างของพื้นที่เขตนั้น ๆ}} \right) \times \text{จำนวนประชากรจริงของพื้นที่เขตนั้น ๆ}$$

ดังตัวอย่าง การอพยพรถยนต์จากชุมชน $i4$ ไปยังจุดอพยพรถยนต์ $j2$

$$\begin{aligned} \text{จำนวนประชากรจริง} &= \left(\frac{2}{89} \right) \times 14,623 \\ &= 329 \text{ คัน} \end{aligned}$$

ดังนั้นมีจำนวนประชากรจริงเป็นจำนวน 329 คัน เมื่อคำนวณหาจำนวนประชากรจริงได้แล้ว นำมาคำนวณหาจำนวนรถยนต์ที่ทำการอพยพ ดังแสดงตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การคำนวณจำนวนรถยนต์ที่ทำการอพยพ

จุดอพยพ รถยนต์ (j) ชุมชน (i)	สวนสาธารณะเทศบาลนครหาดใหญ่	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	เพสโกไลต์ หาดใหญ่1	ศูนย์วิจัยยางสงขลา	ศูนย์การค้าโรบินสัน หาดใหญ่	โรงแรมพรราชา เจบี หาดใหญ่	สถานีขนส่ง	ศูนย์การค้าไดอาน่า	เพสโกไลต์ หาดใหญ่ใน	ศูนย์เครื่องจักรกลเทศบาลนครหาดใหญ่	ศูนย์ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยเขต12	กองบิน 56	โรงเรียนหาดใหญ่รัฐประชาสรรค์
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	458	0	229	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	229	0	0	458	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	229	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	229	0	229	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	458	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	229	0	0	0	0	0	229	0	0	0	0	0	0
11	229	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
102	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

จากตารางที่ 4.5 เป็นการคำนวณหาจำนวนรถยนต์ที่ทำการอพยพจากชุมชนต่าง ๆ ไปยังจุดจอดที่เปิดให้บริการทั้งหมด 13 จุดจอด โดยการหาอัตราส่วนระหว่างจำนวนรถยนต์ทั้งหมดที่เก็บ

ข้อมูลมาจากแบบสอบถามของพื้นที่เขตนั้น ๆ กับจำนวนแบบสอบถามทั้งหมดของเขตพื้นที่เขตนั้น ๆ แล้วนำมาคูณกับจำนวนประชากรจริง (ครัวเรือน) จะได้จำนวนรถยนต์ในการอพยพในสภาพปัจจุบัน คำนวณด้วยสมการ ดังนี้

$$\text{จำนวนรถยนต์ที่อพยพ} = \left(\frac{\text{จำนวนรถยนต์ที่ได้จากแบบสอบถามของพื้นที่เขตนั้น ๆ}}{\text{จำนวนขนาดกลุ่มตัวอย่างของพื้นที่เขตนั้น ๆ}} \right) \times \text{จำนวนประชากรจริงของพื้นที่เขตนั้น ๆ}$$

ดังตัวอย่าง การอพยพรถยนต์จากชุมชน $i4$ ไปยังจุดอพยพรถยนต์ $j2$

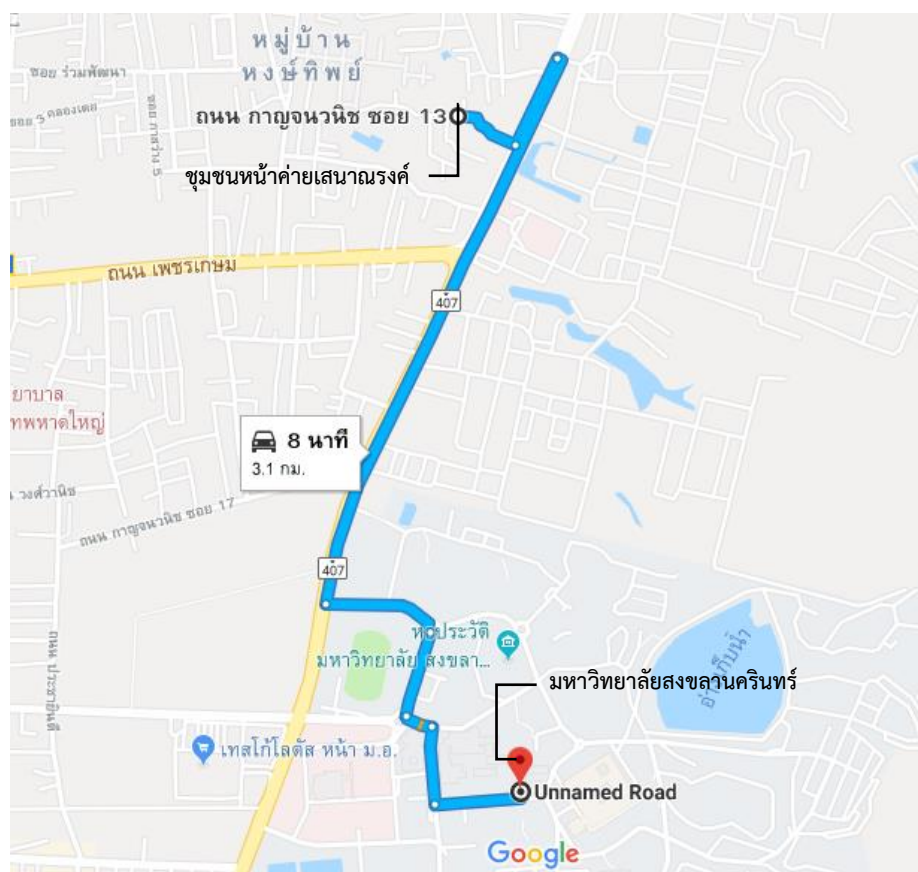
$$\begin{aligned} \text{จำนวนรถยนต์ที่อพยพ} &= \left(\frac{124}{89} \right) \times 329 \\ &= 458 \text{ คัน} \end{aligned}$$

ดังนั้นจำนวนรถยนต์ที่ทำการอพยพจากชุมชน $i4$ ไปยังจุดอพยพรถยนต์ $j2$ เป็นจำนวน 458 คัน เมื่อทราบจำนวนรถยนต์ที่ทำการอพยพแล้ว จึงหาระยะทางของการอพยพรถยนต์ ดังแสดงตารางที่ 4.6 (สามารถดูตารางที่สมบูรณ์ได้ในภาคผนวก ค) เพื่อนำไปคำนวณหาระยะทางรวมในการอพยพรถยนต์ในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4.6 ตารางระยะทางระหว่างชุมชนไปยังจุดอพยพรถยนต์ที่เปิดให้บริการ

จุดอพยพรถยนต์ (j)	ชุมชน (i)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$i1$	0.8	5.8	3.7	7.7	6.6	8.6	7.3	11.5	16.4	16.2	23.7	10.6	19.3
$i2$	1.2	4.8	2.7	6.9	5.6	7.0	6.3	10.6	17.4	17.3	19.7	9.7	18.2
$i3$	1.9	4.6	2.5	6.4	5.1	7.0	6.2	10.1	17.5	17.4	22.8	9.3	18.1
$i4$	2.6	3.1	1.2	5.0	3.7	5.5	4.8	8.7	15.9	15.7	18.1	7.8	17.7
$i5$	3.9	3.3	1.4	4.2	3.0	4.9	4.1	7.9	12.9	12.7	18.3	7.1	13.6
$i6$	4.2	3.2	1.6	3.3	2.0	3.9	3.1	7.0	11.9	11.7	17.2	6.1	12.6
$i7$	4.8	3.7	2.3	3.1	1.8	3.7	2.9	6.8	11.7	11.6	17.0	5.9	12.4
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
$i101$	8.9	5.9	6.4	2.9	3.8	4.6	3.9	2.2	9.6	9.5	14.5	3.4	10.0
$i102$	9.9	7.0	7.4	3.9	4.8	5.6	5.0	0.1	7.8	7.6	13.0	2.0	8.5
$i103$	8.6	5.6	6.1	2.6	3.5	4.3	3.6	4.0	8.9	8.8	14.2	3.1	9.7

จากตารางที่ 4.6 การหาระยะทางในการอพยพรถยนต์จากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ที่ทางเทศบาลนครหาดใหญ่เปิดให้บริการทั้งหมด 13 จุดจอด (แสดงในภาคผนวก ค) โดยการปักหมุดพื้นที่ของชุมชน และจุดอพยพรถยนต์ทั้งหมดในแผนที่ของฉันทันบนกูเกิล (Google My Maps) แล้วหาระยะทางโหนดต่อโหนดที่สั้นที่สุด โดยใช้กูเกิลแมพ (Google Maps) ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 การหาระยะทางที่สั้นที่สุดใน Google Maps

จากรูปที่ 4.4 แสดงการหาระยะทางที่สั้นที่สุดในการอพยพรถยนต์ จากชุมชน i_4 คือ ชุมชนหน้าค่ายเสนาณรงค์ ไปยังจุดอพยพรถยนต์ลำดับที่ 2 คือ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยใช้ Google Maps ในการหาระยะทาง ซึ่งได้ระยะทางในการอพยพรถยนต์เป็น 3.1 กิโลเมตร เมื่อได้ข้อมูลระยะทางการอพยพรถยนต์จากชุมชนทั้ง 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพทั้งหมด 13 จุดจอดแล้วนำมาคำนวณหาระยะทางที่รถยนต์ทั้งหมดของชุมชนนั้น ๆ อพยพไปยังจุดอพยพรถยนต์ทั้ง 13 จุดจอด ดังแสดงตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ระยะเวลาในการอพยพรถยนต์จากชุมชนต่าง ๆ ไปยังจุดอพยพที่เปิดให้บริการ

จุดอพยพ รถยนต์ (j)	ชุมชน (i)												
	สวนสาธารณะเทศบาลนครหาดใหญ่	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	เทศบาลใกล้เคียงหาดใหญ่1	ศูนย์วิจัยยางสงขลา	ศูนย์การค้าโรบินสัน หาดใหญ่	โรงแรมทรานซา เจบี หาดใหญ่	สถานีขนส่ง	ศูนย์การค้าไดอาน่า	เทศบาลใกล้เคียงใน	ศูนย์เครื่องจักรกลเทศบาลนครหาดใหญ่	ศูนย์ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยเขต12	กองบิน 56	โรงเรียนหาดใหญ่รัฐประชาสรรค์
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
i1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
i2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
i3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
i4	0.00	1419.29	0.00	1144.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
i5	892.78	0.00	0.00	1922.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
i6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	709.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
i7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
i8	0.00	915.67	0.00	709.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
i9	0.00	2426.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
i10	1098.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1075.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
i11	1167.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
i12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
i13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
i14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
i15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
i16	2563.87	2243.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
...
i101	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
i102	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
i103	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

จากตารางที่ 4.7 เป็นตารางคำนวณระยะเวลาทางการอพยพรถยนต์ เมื่อได้จำนวนรถยนต์ในสภาพปัจจุบัน (ดังตารางที่ 4.5) และระยะทางระหว่างชุมชนไปยังจุดอพยพรถยนต์ที่เปิดให้บริการ (ดังตารางที่ 4.6) โดยการนำตารางทั้ง 2 ตารางมาคูณกันเพื่อหาระยะทางในการอพยพรถยนต์ในสภาพปัจจุบัน คำนวณด้วยสมการ ดังนี้

$$\text{ระยะเวลาในการอพยพจากชุมชน (i) ไปยังจุดอพยพรถยนต์ (j)} = \text{จำนวนรถยนต์ในปัจจุบัน} \times \text{ระยะทางระหว่างชุมชน (i) ไปยังจุดอพยพรถยนต์ (j)}$$

ดังตัวอย่าง การอพยพรถยนต์จากชุมชน $i4$ ไปยังจุดอพยพรถยนต์ $j2$

$$\begin{aligned} \text{ระยะทางในการอพยพจากชุมชน (i) ไปยังจุดอพยพรถยนต์ (j)} &= 458 \times 3.1 \\ &= 1,419.29 \text{ กิโลเมตร} \end{aligned}$$

ดังนั้นระยะทางในการอพยพรถยนต์ทั้งหมดของชุมชน $i4$ ไปยังจุดอพยพรถยนต์ $j2$ คิดเป็นระยะทาง 1,419.29 กิโลเมตร

เมื่อคำนวณระยะทางการอพยพรถยนต์จากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ทั้ง 13 จุดจอด ในสภาพปัจจุบันแล้ว นำข้อมูลที่คำนวณได้มาสรุปในรูปแบบของตาราง ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลจำนวนรถยนต์ และระยะทางรวมในการอพยพรถยนต์ของแต่ละเขตพื้นที่การศึกษา ดังแสดงตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ระยะทางรวมทั้งหมด ของแต่ละเขตพื้นที่การศึกษาในการอพยพรถยนต์ไปยังจุดจอดที่เปิดให้บริการทั้ง 13 จุดจอด

พื้นที่การศึกษา (เขต)	จำนวนรถยนต์ (คัน)	ระยะทางรวม (กิโลเมตร)
1	6,868	30,560.43
2	6,467	18,730.80
3	5,078	23,739.28
4	1,966	13,345.34
รวม	20,379	86,375.85

จากตารางที่ 4.8 แสดงระยะทางรวมของแต่ละเขตพื้นที่การศึกษาที่อพยพรถยนต์ไปยังจุดจอดรถยนต์ที่เปิดให้บริการ 13 จุดจอด ซึ่งแต่ละเขตพื้นที่ประกอบไปด้วยชุมชนต่าง ๆ ได้แก่ เขตที่ 1 ประกอบด้วยชุมชน $i1-i28$ เขตที่ 2 ประกอบด้วยชุมชน $i29-i55$ เขตที่ 3 ประกอบด้วยชุมชน $i56-i82$ และเขตที่ 4 ประกอบด้วยชุมชน $i83-i103$ โดยมีรถยนต์ที่อพยพไปยังจุดอพยพรถยนต์ทั้งหมดจำนวน 20,379 คัน และใช้ระยะทางรวมทั้งหมด 86,375.85 กิโลเมตร ส่วนจำนวนรถยนต์ที่เหลืออยู่ 68,151 คัน ได้ทำการแบ่งเป็น 2 กรณี คือ การอพยพรถยนต์จากชุมชนต่าง ๆ ไปยังจุดจอดอื่น ๆ เป็นจำนวน 32,612 คัน และ จำนวนรถยนต์ที่ไม่ได้อพยพ (รถยนต์ถูกปล่อยให้รอน้ำท่วมภายในรถ) 35,539 คัน ได้ทำการคำนวณหาค่าปรับระยะทางต่อไป

4.3.2 การประเมินการอพยพรถยนต์ไปยังจุดอพยพรถยนต์อื่นๆ จากแบบสอบถาม

การที่ประชาชนอพยพรถยนต์ไปยังจุดอพยพรถยนต์อื่นๆ มีสาเหตุหลัก คือ ความปลอดภัย อันเนื่องมาจากการนำรถยนต์ไปจอดที่บ้านญาติ หรือบ้านเพื่อนที่ไม่ประสบปัญหาอุทกภัย จอดรถยนต์ใกล้ที่พักอาศัย เช่น บนสะพาน หรือบนถนนที่น้ำท่วมไม่ถึง เป็นต้น เพราะการจอดรถยนต์ใกล้ที่พักอาศัยทำให้เจ้าของสามารถมั่นใจในความปลอดภัยของรถยนต์ของตนเองได้ และอีกประเด็นหนึ่ง

ที่ประชาชนเลือกที่จะอพยพรถยนต์ไปจอดยังจุดจอดอื่น ๆ คือ สถานที่ที่สามารถรองรับรถยนต์ได้เพียงพอ และไม่ประสบปัญหาอุทกภัย โดยอ้างอิงจากประสบการณ์อุทกภัยในอดีต

จากการเก็บข้อมูลสภาพปัจจุบัน ในการอพยพรถยนต์ไปยังจุดจอดอพยพรถยนต์อื่น ๆ ของพื้นที่กรณีศึกษาทั้ง 4 เขต สามารถแบ่งสถานที่อพยพรถยนต์ได้เป็น 31 จุดจอด แสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 จุดจอดอพยพรถยนต์อื่น ๆ ที่ประชาชนเลือกอพยพรถยนต์ เมื่อเกิดอุทกภัย ปี 2553

ลำดับ	จุดจอดอพยพรถยนต์	ลำดับ	จุดจอดอพยพรถยนต์
1	บึงซี เอ็คตร้า	17	สำนักงานเทศบาลเมืองคอหงส์
2	บ้านเพื่อน (แถวสนามบิน)	18	ถนนกาญจนาภิเษก
3	ชั้นสองของตลาดสดปลาซ่า	19	อำเภอบางกล่ำ
4	สะพานสัจจกุล	20	เทศบาลนครสงขลา
5	ถนนประชายินดี	21	สำนักงานเทศบาลเมืองบ้านพรุ
6	วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่	22	สำนักงานเทศบาลเมืองคลองแห
7	องค์การบริหารส่วนตำบลน้ำน้อย	23	สำนักงานเทศบาลเมืองพัทลุง
8	โรงพยาบาลศิรินครินทร์หาดใหญ่	24	ถนนเพชรเกษม ซอย 45
9	สำนักงานเทศบาลนครหาดใหญ่	25	บริษัท โซติวัฒน์อุตสาหกรรมการผลิต จำกัด
10	นภลัยเพลส คอนโดมิเนียม	26	ที่ว่าการอำเภอรัตภูมิ
11	ศูนย์ประชณีย์ควนลัง	27	สำนักงานเทศบาลเมืองทุ่งตำเสา
12	สะพานเขต8	28	สำนักงานเทศบาลตำบลคลองแงะ
13	บ้านเพื่อน (แถวขนส่ง)	29	ที่ว่าการอำเภอควนเนียง
14	ถนนลพบุรีราเมศวร์	30	ที่ว่าการอำเภอระโนด
15	โรงพยาบาลกรุงเทพหาดใหญ่	31	องค์การบริหารส่วนตำบล ทุ่งใหญ่
16	แม็คโคร สาขาหาดใหญ่		

จากตารางที่ 4.9 แสดงสถานที่ที่ประชาชนเลือกอพยพรถยนต์ เมื่อเกิดอุทกภัย ปี 2553 โดยประชาชนจะเลือกสถานที่อพยพรถยนต์ที่อยู่ใกล้บ้าน และบ้านญาติ หรือบ้านเพื่อน เพราะมีความปลอดภัยในการจอดรถยนต์ค้างคืน และรายชื่อจุดจอดอพยพรถยนต์ดังตารางข้างต้น เช่น สำนักงานเทศบาลเมือง ที่ว่าการอำเภอ สำนักงานเทศบาลตำบล และองค์การบริหารส่วนตำบล เป็นตัวแทนของจุดจอดอพยพรถยนต์ที่ประชาชนเดินทางไปใช้บริการในตำบล และอำเภออื่น ๆ

จากการเก็บข้อมูลสภาพปัจจุบันของพื้นที่กรณีศึกษาทั้ง 4 เขต สามารถคำนวณหาระยะทางรวมของการอพยพรถยนต์ไปยังจุดจอดอพยพรถยนต์ทั้ง 31 จุดจอด ดังแสดงในภาคผนวก ง

จากตารางที่ ง.1 เป็นการใส่ข้อมูลจำนวนตัวแทนขนาดกลุ่มตัวอย่าง (ครัวเรือน) ที่มีการอพยพรถยนต์จากชุมชนต่าง ๆ ไปยังจุดจอดอพยพรถยนต์ทั้งหมด 31 จุดจอด

ส่วนตารางที่ ง.2 ใช้สมการและการคำนวณ เช่นเดียวกับตารางที่ 4.4 และวิธีการคำนวณตามหน้า 41

จากตารางที่ ง.3 ใช้สมการและการคำนวณ เช่นเดียวกับตารางที่ 4.5 และวิธีการคำนวณตามหน้า 42

เพื่อให้พิจารณาได้ง่ายขึ้นว่าแต่ละชุมชนมีการอพยพรถยนต์ไปยังจุดอพยพรถยนต์อื่น ๆ 31 จุดจอดใดบ้าง ดังแสดงตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 การอพยพรถยนต์จากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์อื่น ๆ 31 จุด

ชุมชน	จุดอพยพรถยนต์	ชุมชน	จุดอพยพรถยนต์
i1	วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่	i19	ถนนประชายินดี
i5	บึงซี เอ็กตรา		สำนักงานเทศบาลนครหาดใหญ่
		วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่	i20
i6	บึงซี เอ็กตรา	i22	บ้านเพื่อน (แถวสนามบิน)
i7	บึงซี เอ็กตรา	i23	ชั้นสองของตลาดสดปลาซ่า
	บ้านเพื่อน (แถวสนามบิน)	i24	ศูนย์ไปรษณีย์ควนลัง
	ถนนประชายินดี		สะพานเขต8
i8	วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่	i25	ถนนประชายินดี
	องค์การบริหารส่วนตำบลน่าน้อย		ที่ว่าการอำเภอรัตภูมิ
i10	บึงซี เอ็กตรา	i26	บึงซี เอ็กตรา
i12	บึงซี เอ็กตรา	i27	ชั้นสองของตลาดสดปลาซ่า
	โรงพยาบาลศิรินครหาดใหญ่		สำนักงานเทศบาลนครหาดใหญ่
i13	บ้านเพื่อน (แถวสนามบิน)	:	:
	สะพานสัจจกุล	i101	โรงพยาบาลศิรินครหาดใหญ่
	วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่		ศูนย์ไปรษณีย์ควนลัง
i14	วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่	i102	สะพานสัจจกุล
i15	สะพานสัจจกุล	i103	สะพานเขต8

จากตารางที่ 4.10 แสดงการอพยพรถยนต์จากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์อื่น ๆ 31 จุดจอด โดยชุมชนที่ i1 คือ ชุมชนหน้าสวนสาธารณะอพยพรถยนต์ไปยังวิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่ เป็นต้น

ส่วนตารางที่ ง.4 เป็นการหาระยะทางในการอพยพ โดยวิธีการหาเช่นเดียวกับตารางที่ 4.6 และตารางที่ ง.5 ใช้สมการและการคำนวณ เช่นเดียวกับตารางที่ 4.7 และวิธีการคำนวณตามหน้า 45

เมื่อคำนวณหาระยะที่ใช้ในการอพยพรถยนต์จากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์อื่น ๆ 31 จุดจอดแล้ว นำมาสรุปโดยการรวมระยะทางทั้งหมดในอพยพรถยนต์ ของแต่ละเขตพื้นที่กรณีศึกษา ได้แก่ เขตที่ 1 ประกอบด้วยชุมชน i1- i28 เขตที่ 2 ประกอบด้วยชุมชน i29- i55 เขตที่ 3 ประกอบด้วยชุมชน i56- i82 และเขตที่ 4 ประกอบด้วยชุมชน i83- i103 ดังแสดงตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ระยะทางรวมทั้งหมด ของแต่ละเขตพื้นที่การศึกษาในการอพยพรถยนต์ไปยังจุดจอด
อื่น ๆ ทั้ง 31 จุดจอด

พื้นที่การศึกษา (เขต)	จำนวนรถยนต์ (คัน)	ระยะทางรวม (กิโลเมตร)
1	7,325	43,155.44
2	7,391	49,679.36
3	7,194	47,944.03
4	10,702	133,103.97
รวม	32,612	273,882.80

จากตารางที่ 4.11 แสดงระยะทางรวมของการอพยพรถยนต์จากชุมชนต่างๆ ในแต่ละเขตพื้นที่การศึกษาไปยังจุดจอดรถยนต์ 31 จุดจอด (ตารางที่ ง.5) โดยมีจำนวนรถยนต์ที่อพยพไปยังจุดจอดเป็น 32,612 คัน และใช้ระยะทางรวมทั้งหมดเป็น 273,882.80 กิโลเมตร

เมื่อทำการรวมระยะทางทั้งหมดในการอพยพรถยนต์จากพื้นที่การศึกษาทั้ง 4 เขต ไปยังจุดจอดที่เปิดให้บริการ 13 จุดจอด และจุดจอดอพยพรถยนต์อื่นๆ ที่ประชาชนเลือกไปใช้บริการ 31 จุดจอด แสดงดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ระยะทางรวมทั้งหมด ของแต่ละเขตพื้นที่การศึกษาในการอพยพรถยนต์ไปยังจุดจอดที่
เปิดให้บริการ 13 จุดจอด จุดจอดอื่น ๆ 31 จุดจอด และ ค่าปรับระยะทางกรณีรถยนต์
ที่ไม่ได้อพยพ (รถจมน้ำ)

พื้นที่การศึกษา (เขต)	จำนวนรถยนต์ (คัน)	ระยะทางรวม (กิโลเมตร)
1	14,193	73,715.87
2	13,858	68,410.16
3	12,272	71,683.31
4	12,668	146,449.31
รถยนต์ที่ไม่ได้อพยพ (รถจมน้ำ)	35,539	1,066,170.00*
รวม	88,530	1,426,428.65

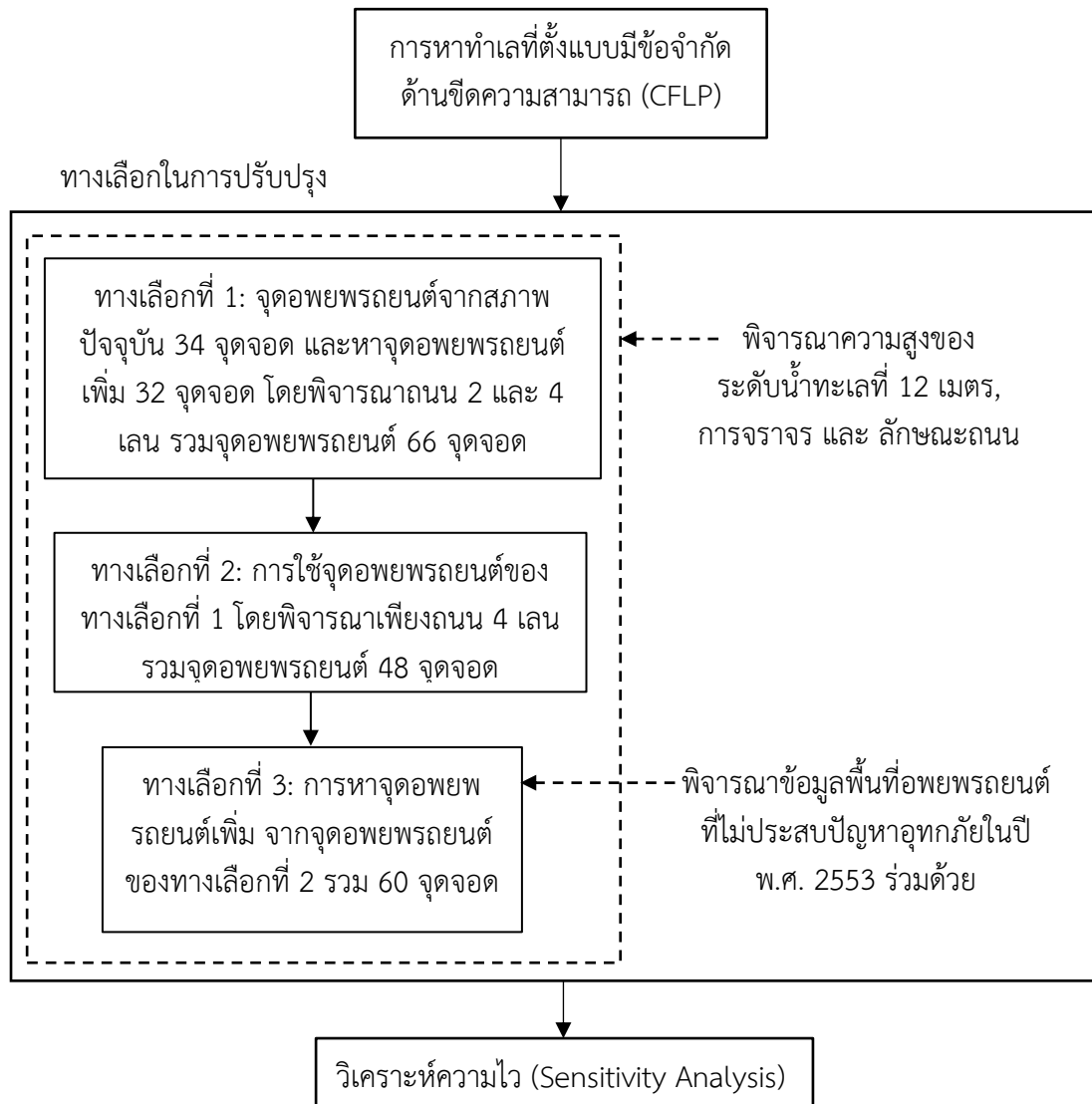
* ค่าปรับระยะทางที่ใช้เป็น 30 กิโลเมตร (สมมุติค่าเฉลี่ยอพยพไปต่างอำเภอ)

จากตารางที่ 4.12 แสดงระยะทางรวมทั้งหมดในการอพยพรถยนต์จากพื้นที่การศึกษาทั้ง 4 เขต ไปยังจุดจอดอพยพรถยนต์ที่ทางเทศบาลนครหาดใหญ่เปิดให้บริการ 13 จุดจอด (ตารางที่ 4.8) และจุดจอดอพยพรถยนต์อื่นๆ (ตารางที่ 4.11) ที่ประชาชนเลือกไปใช้บริการ รวมทั้งค่าปรับระยะทางกรณีรถยนต์ที่ไม่ได้อพยพ โดยสมมุติให้อพยพรถยนต์ไปต่างอำเภอ มีระยะทางเฉลี่ย 30 กิโลเมตร รวมเป็นระยะทางทั้งสิ้น 1,426,428.65 กิโลเมตร

บทที่ 5

การพัฒนาแบบจำลองทางเลือกในการอพยพรถยนต์

ในบทนี้แนะนำเสนอแบบจำลองการอพยพรถยนต์ทางเลือกต่าง ๆ เพื่อหาระยะทางในการอพยพที่สั้นที่สุด จากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ที่เปิดให้บริการหรือจุดอพยพรถยนต์ที่น้ำท่วมไม่ถึงเมื่อเกิดอุทกภัย เพื่อสามารถนำแบบจำลองทางเลือกในการอพยพไปใช้เมื่อเกิดอุทกภัยจริง ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ การหาทำเลที่ตั้งแบบมีข้อจำกัดด้านขีดความสามารถ (Capacitated facility location problem : CFLP) ในการประเมินผลแบบจำลองการอพยพรถยนต์ทางเลือกต่างๆ มีขั้นตอนโดยสรุป ดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองการอพยพและทางเลือกปรับปรุงต่างๆ

5.1 การประยุกต์แบบจำลองการหาทำเลที่ตั้งแบบมีข้อจำกัดด้านขีดความสามารถในการอพยพรถยนต์

ปัญหาการหาทำเลที่ตั้งแบบมีข้อจำกัดด้านขีดความสามารถ (Capacitated facility location problem, CFLP) เป็นปัญหาทั่วไปของปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการ ซึ่งพิจารณาจำนวนของสิ่งอำนวยความสะดวกที่จำเป็นขึ้นอยู่กับความต้องการของลูกค้าทั้งหมด เพื่อให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งรวม ซึ่งอาจคำนวณมาจากต้นทุนการขนส่ง ต่อหน่วยระยะทาง คูณกับระยะทางรวมทั้งหมดที่ใช้ในการเดินทาง (ระหว่างสถานที่ให้บริการกับลูกค้าทุกคนมีค่าน้อยที่สุด)

ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำ CFLP มาประยุกต์ เพื่อหาผลลัพธ์ของระยะทางรวมที่น้อยที่สุด ในการอพยพรถยนต์จากชุมชนต่าง ๆ ไปยังจุดอพยพรถยนต์ที่เปิดให้บริการ โดยมีรูปแบบทั่วไปของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังต่อไปนี้

$$\text{Minimize} \quad Z = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} x_{ij} \quad (5.1)$$

$$\text{subject to} \quad \sum_{j \in J} x_{ij} = d_i \quad \text{for all } i \in I \quad (5.2)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} \leq s_j y_j \quad \text{for all } j \in J \quad (5.3)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j, \quad , i = 1, 2, \dots, M; \\ j = 1, 2, \dots, N \quad (5.4)$$

$$y_j \in \{0,1\} \quad \forall j \quad (5.5)$$

โดยมีข้อมูลนำเข้า คือ

i เป็นเซตของชุมชนในพื้นที่กรณีศึกษา โดย $I = (1, 2, \dots, i, \dots, M)$

j เป็นเซตของจุดจอตลอดยนต์ โดย $J = (1, 2, \dots, j, \dots, N)$

d_i เป็นความต้องการหรือบริการของลูกค้าที่ตำแหน่ง i

c_{ij} เป็นระยะทางระหว่างลูกค้าที่อยู่ตำแหน่งที่ i กับจุดจอตลอดยนต์ที่ให้บริการที่อยู่ตำแหน่งที่ j

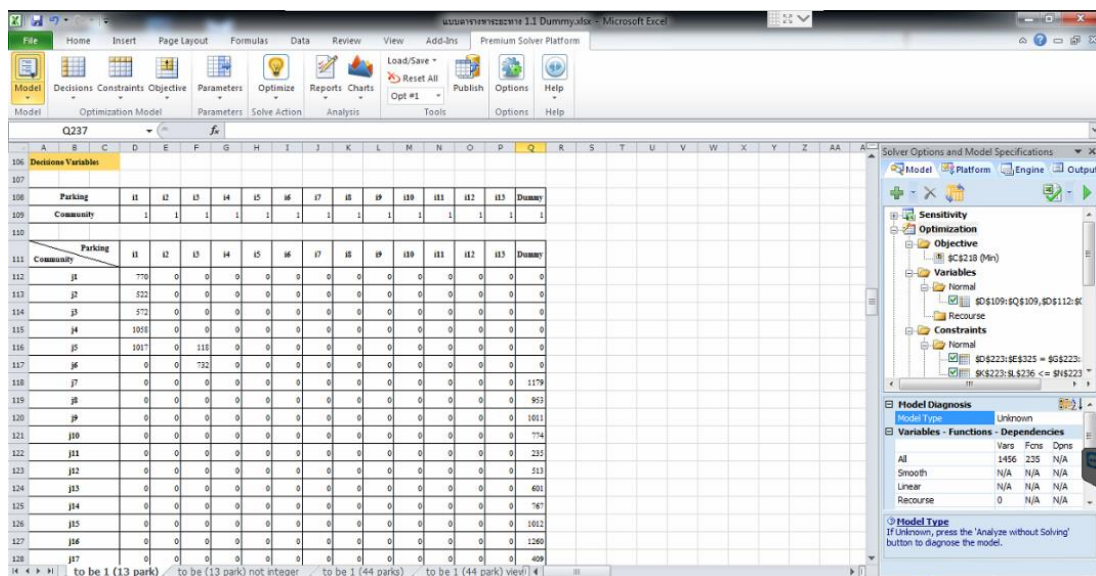
s_j เป็นขีดความสามารถในการให้บริการของจุดจอตลอดยนต์ที่ให้บริการที่อยู่ตำแหน่งที่ j และมีตัวแปรตัดสินใจคือ

y_j มีค่าเท่ากับ 1 ถ้าเลือกตำแหน่งที่ให้บริการที่ตำแหน่งที่ $j \in J$ และ 0 ถ้าไม่ใช่

x_{ij} เป็นปริมาณรถยนต์ที่อพยพจากตำแหน่งที่ i ไปยังจุดจอดรถยนต์ที่เปิดให้บริการได้รับบริการที่ตำแหน่ง j

จากตัวแบบคณิตศาสตร์ข้างต้น สามารถอธิบายแต่ละ “สมการข้อจำกัด” หรือ “สมการ หรือ อสมการ” ได้ดังนี้ สมการเป้าหมาย (5.1) เป็นการหาต้นทุนการขนส่งที่น้อยที่สุด และหาระยะทางรวมที่น้อยที่สุด จากตำแหน่งของชุมชนต่างๆ ในพื้นที่การศึกษาที่ตำแหน่ง i ไปยังจุดจอดรถยนต์ที่ตำแหน่ง j สมการข้อจำกัด (5.2) รับประกันว่าชุมชนต่างๆ ในพื้นที่การศึกษาจะได้รับการให้บริการจากจุดจอดรถยนต์ที่เปิดให้บริการ อสมการข้อจำกัด (5.3) แสดงถึงว่าชุมชนต่างๆ ในพื้นที่การศึกษาที่ตำแหน่ง i จะรับบริการจากจุดจอดรถยนต์ที่ให้บริการที่ตำแหน่ง j ได้ก็ต่อเมื่อตำแหน่งที่ j มีสถานที่ให้บริการตั้งอยู่ และสถานที่ให้บริการจะให้บริการได้ไม่เกินขีดความสามารถในการให้บริการที่มีอยู่ ส่วนสมการที่ (5.4) และ (5.5) แสดงข้อจำกัดเชิงตัวเลขของตัวแปรในการเลือกตำแหน่งที่ตั้งและการจัดสรรบริการ

ในงานวิจัยนี้ได้นำข้อมูลปัจจุบัน ที่ประกอบไปด้วย จำนวนรถยนต์ของแต่ละชุมชนในพื้นที่การศึกษา (i) จำนวนของจุดจอดรถยนต์ (j) ขีดความสามารถในการรองรับรถยนต์ของจุดจอดรถยนต์ (s_j) และ ระยะทางของชุมชนต่างๆ ในพื้นที่การศึกษา กับจุดจอดรถยนต์ที่เปิดให้บริการ (c_{ij}) โดยนำมาพัฒนาแบบจำลองการอพยพรถยนต์จากชุมชนต่างๆ ในพื้นที่การศึกษา ไปยังจุดจอดรถยนต์ที่เปิดให้บริการ ซึ่งประยุกต์ตัวแบบ CFLP และมีสมการเป้าหมายเป็นการหาระยะทางรวมที่น้อยที่สุดในการอพยพรถยนต์ไปยังจุดจอดรถยนต์ ซึ่งสมการเป้าหมาย และสมการข้อจำกัด ของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ถูกนำมาพัฒนาบนแผ่นคำนวณ (Spreadsheet) ของไมโครซอฟท์ เอ็กเซล (Microsoft Excel) และค้นหาคำตอบโดยใช้เครื่องมือพรีเมียม โซลเวอร์ แพลตฟอร์ม (Premium Solver Platform) เพื่อหาคำตอบโดยใช้วิธี ซิมเพล็กซ์ ในการแก้ปัญหา ดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 เครื่องมือพรีเมียม โซลเวอร์ แพลตฟอร์ม ที่ทำงานบน ไมโครซอฟท์ เอ็กเซล

5.2 วิเคราะห์ผลโดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ CFLP และข้อเสนอทางเลือกปรับปรุง

นำตัวแบบทางคณิตศาสตร์ CFLP มาช่วยในการวิเคราะห์ผล พร้อมทั้งข้อเสนอทางเลือกปรับปรุงต่าง ๆ เพื่อหาแบบจำลองการอพยพรถยนต์ที่เหมาะสมที่สุด โดยพิจารณาความสูงของระดับน้ำทะเลที่ 12 เมตร ซึ่งอ้างอิงข้อมูลจากศูนย์วิจัยภัยพิบัติทางธรรมชาติภาคใต้ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เพื่อเป็นตัวชี้วัดว่าถ้าพื้นที่ใดต่ำกว่าระดับความสูงของน้ำทะเล พื้นที่นั้นประสบปัญหาอุทกภัยแน่นอน และไม่ถูกนำมาพิจารณาในข้อเสนอทางเลือกปรับปรุงทั้ง 3 ทางเลือก โดยอธิบายพร้อมทั้งวิเคราะห์ผลอย่างละเอียดได้ดังนี้

5.2.1 ทางเลือกที่ 1: จุดอพยพรถยนต์จากสภาพปัจจุบัน 34 จุดจอด และหาจุดอพยพรถยนต์เพิ่มจากเส้นทางถนน 32 จุดจอด โดยพิจารณาถนน 2 และ 4 เลน

เนื่องจากมีจุดอพยพรถยนต์ที่ทางเทศบาลนครหาดใหญ่เปิดให้บริการ 13 จุดจอด และจุดอพยพรถยนต์ที่ได้จากแบบสอบถามในการสำรวจพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่เป็นจำนวน 21 จุดจอด และได้มีการสำรวจจุดอพยพรถยนต์เพิ่มเติมโดยใช้เส้นทางถนน ซึ่งจะพิจารณาทั้งถนน 2 และ 4 เลน คิดเป็นจำนวน 32 จุดจอด เมื่อทำการรวมจุดอพยพรถยนต์ในทางเลือกที่ 1 จะมีจำนวนจุดอพยพรถยนต์ทั้งสิ้น 66 จุดจอด ซึ่งจุดอพยพรถยนต์ทั้งหมดนี้ ได้ผ่านการพิจารณาด้วยความสูงของระดับน้ำทะเลที่ 12 เมตร ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 จุดอพยพรถยนต์ของที่ทางเลือกที่ 1 จำนวน 66 จุดจอด

ลำดับ	จุดอพยพรถยนต์	ความจุในการรองรับรถยนต์ (คัน)	ความสูงของระดับน้ำทะเล (เมตร)
<i>j</i> 1	สวนสาธารณะเทศบาลหาดใหญ่	5,772	12
<i>j</i> 2	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	4,440	28
<i>j</i> 3	เทสโก้โลตัส หาดใหญ่1	850	26
<i>j</i> 4	ศูนย์วิจัยยางสงขลา	500	13
<i>j</i> 5	ศูนย์การค้าโรบินสัน หาดใหญ่	360	12
<i>j</i> 6	โรงแรมहरรรษา เจ บี หาดใหญ่	130	15
<i>j</i> 7	สถานีขนส่งหาดใหญ่	100	14
<i>j</i> 8	ศูนย์การค้าไดอาน่า	400	14
<i>j</i> 9	ศูนย์การค้าเทสโก้โลตัส หาดใหญ่2	750	12
<i>j</i> 10	ศูนย์เครื่องจักรกล สำนักงานชลประทานที่ 16	80	18
<i>j</i> 11	ศูนย์ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย เขต 12	200	17
<i>j</i> 12	กองบิน 56	3,000	20
<i>j</i> 13	โรงเรียนหาดใหญ่รัฐประชาสรรค์	1,000	20
<i>j</i> 14	บิกซี เอ็กตรา	300	12

ตารางที่ 5.1 จุดอพยพรถยนต์ของที่ทางเลือกที่ 1 จำนวน 66 จุดจอด (ต่อ)

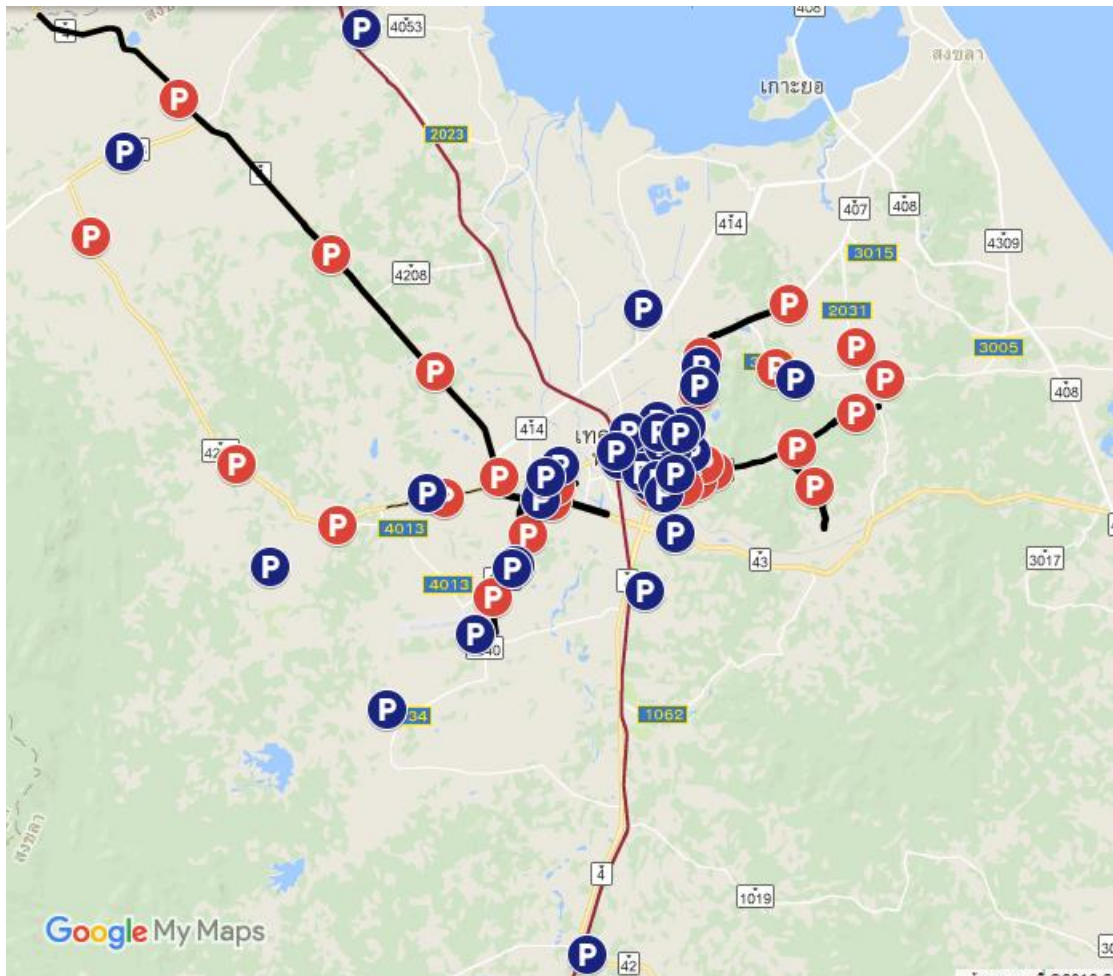
ลำดับ	จุดอพยพรถยนต์	ความจุในการ รองรับรถยนต์ (คัน)	ความสูงของ ระดับน้ำทะเล (เมตร)
j15	บ้านเพื่อน (แถวสนามบิน)	50	32
j16	ถนนประชายินดี	50	12
j17	วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่	200	15
j18	สำนักงานเทศบาลนครหาดใหญ่	50	12
j19	ศูนย์ไปรษณีย์ควนลัง	50	40
j20	สะพานเขต8	50	13
j21	บ้านเพื่อน (แถวขนส่ง)	300	13
j22	โรงพยาบาลกรุงเทพหาดใหญ่	300	15
j23	แม่โคโร สาขาหาดใหญ่	100	24
j24	สำนักงานเทศบาลเมืองคอหงส์	50	15
j25	ถนนกาญจนาภิเษก	50	14
j26	สำนักงานเทศบาลเมืองบ้านพรุ	50	25
j27	สำนักงานเทศบาลเมืองคลองแห	200	12
j28	ถนนเพชรเกษม ซอย 45	100	12
j29	บริษัท โซติวิวัฒน์อุตสาหกรรมการผลิต จำกัด	50	14
j30	ที่ว่าการอำเภอรัตภูมิ	50	31
j31	สำนักงานเทศบาลเมืองทุ่งตำเสา	50	30
j32	สำนักงานเทศบาลตำบลคลองแงะ	50	22
j33	ที่ว่าการอำเภอควนเนียง	50	12
j34	องค์การบริหารส่วนตำบล ทุ่งใหญ่	50	26
j35	ทางหลวงสายเอเชีย2-สี่แยกควนลัง	900	24
j36	สี่แยกควนลัง-ก่อนม.กรุงเทพ	5,400	38
j37	สนามบิน ลพบุรีฯ-หน้ารร.นุรอส	3,600	32
j38	หน้ารร.นุรอส - กองบิน56	3,500	18
j39	สนามกอล์ฟ-สวนสาธารณะ	852	15
j40	คอหงส์1-ทุ่งใหญ่2 (ถ.ข้างมอ.108-109)	4,200	29
j41	ทุ่งใหญ่-ทุ่งใหญ่1	2,650	32
j42	ทุ่งใหญ่2-ทุ่งใหญ่2.1	2,100	44
j43	ท่าข้าม1-ท่าข้าม1.1	4,350	17

ตารางที่ 5.1 จุดอพยพรถยนต์ของที่ทางเลือกที่ 1 จำนวน 66 จุดจอด (ต่อ)

ลำดับ	จุดอพยพรถยนต์	ความจุในการ รองรับรถยนต์ (คัน)	ความสูงของ ระดับน้ำทะเล (เมตร)
j44	ทุ่งใหญ่1-ท่าข้าม2	2,750	26
j45	ทุ่งใหญ่2.1-ท่าข้าม3	1,200	44
j46	น้ำน้อย1-น้ำน้อย1.1	4,400	33
j47	บางกล้า-ขอบ ต.ควนล้ง	11,100	35
j48	รัตภูมิ1-รัตภูมิ1.1	17,000	24
j49	รัตภูมิ2-ฉลุง1.1	9,700	44
j50	ฉลุง1-ฉลุง1.1	3,300	48
j51	ฉลุง1-ทุ่งตำเสา1	2,500	28
j52	เขื่อนทรัลเฟสตีวัล หาดใหญ่	2,800	13
j53	ทุ่งตำเสา1-แยกสนามบินนอก1	2,250	19
j54	อ.รัตภูมิ1-อ.บางกล้า	3,800	37
j55	ช.คุนยายชิง	250	16
j56	ถ.ศุภสารรังสรรค์ (ข้างโลตัส)	326	19
j57	ช.ป้อมเขล	400	12
j58	ถ.หลังโลตัส	350	12
j59	ถ.หน้าค่ายเสนา-ถ.หน้าสวนสาธารณะ	2,200	17
j60	ถ.หน้าศูนย์วิจัยยาง-ถ.หน้าม.อ.	2,000	26
j61	ถ.หน้ากรีนเวย์-ถ.หน้าเขนทรัล	848	15
j62	ถ.กาญจนวนิช-ทุ่งโดน	1,650	18
j63	ศูนย์ประชุมนานาชาติฉลองสิริราชสมบัติครบ ๖๐ ปี	600	31
j64	ช.หน้าถ.ปุลณกัณฑ์	2,200	77
j65	ควนสันติ	2,300	22
j66	ช.แยกทุ่งโดน	450	22

จากตารางที่ 5.1 แสดงจุดอพยพรถยนต์ที่มีพื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 12 เมตร ขึ้นไป เป็นจำนวน 66 จุดจอด โดยมีจุดอพยพรถยนต์จากสภาพปัจจุบันที่สูงจากระดับน้ำทะเลที่อ้างอิงไว้ จำนวน 34 จุดจอด (j1- j34) และได้สำรวจหาจุดอพยพรถยนต์เพิ่ม โดยใช้เส้นทางถนนทั้ง 2 และ 4 เลน เป็นจำนวน 32 จุดจอด (j35- j66) ซึ่งตารางนี้ได้ระบุความจุในการรองรับรถยนต์ของจุดอพยพรถยนต์นั้น ๆ ในส่วนของจุดอพยพรถยนต์ที่เป็นเส้นทางถนน จะทำการคำนวณจากระยะทางของช่วงถนนเทียบกับระยะจอดของรถยนต์ และคูณด้วยจำนวนเลนถนนทั้งขาไปขากลับ กรณีที่ถนนเป็น 2 เลน จะเว้นถนนไว้ 1 เลน สำหรับสัญญาณในแต่ละด้าน

จุดอพยพรถยนต์ของทางเลือกที่ 1 มีจำนวนทั้งหมด 66 จุดจอด นำพื้นที่แต่ละจุดอพยพรถยนต์มาปักหมุดบนแผนที่ของฉันทันบนกูเกิ้ล (Google My Maps) เพื่อให้สะดวกต่อการหาเส้นทางการอพยพรถยนต์จากชุมชน 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ 66 จุดจอด ดังรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 แผนที่ของจุดอพยพรถยนต์ของทางเลือกที่ 1 จำนวน 66 จุดจอด

เมื่อได้จุดอพยพรถยนต์ของทางเลือกที่ 1 เป็นจำนวน 66 จุดจอด สามารถนำมาคำนวณหาระยะทางรวมทั้งหมดในการอพยพรถยนต์จากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ทั้งหมด 66 จุดจอด โดยเริ่มจากการหาระยะทางจากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ 66 จุดจอด แสดงดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ระยะทางระหว่างชุมชน 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ 37 จุดจอด

จุดอพยพ รถยนต์ ชุมชน	j_1	j_2	j_3	j_4	j_5	j_6	j_7	j_8	j_9	j_{10}	j_{11}	j_{12}	j_{13}	...	j_{64}	j_{65}	j_{66}
i_1	0.8	5.8	3.7	7.7	6.6	8.6	7.3	11.5	16.4	16.2	23.7	10.6	19.3	...	13.3	13	7.9
i_2	1.2	4.8	2.7	6.9	5.6	7	6.3	10.6	17.4	17.3	19.7	9.7	18.2	...	12.7	13	7.4
i_3	1.9	4.6	2.5	6.4	5.1	7	6.2	10.1	17.5	17.4	22.8	9.3	18.1	...	13.4	14	8
i_4	2.6	3.1	1.2	5	3.7	5.5	4.8	8.7	15.9	15.7	18.1	7.8	17.7	...	11.2	11	5.8
i_5	3.9	3.3	1.4	4.2	3	4.9	4.1	7.9	12.9	12.7	18.3	7.1	13.6	...	11.3	9.9	5.7
i_6	4.2	3.2	1.6	3.3	2	3.9	3.1	7	11.9	11.7	17.2	6.1	12.6	...	11.6	8.9	6
i_7	4.8	3.7	2.3	3.1	1.8	3.7	2.9	6.8	11.7	11.6	17	5.9	12.4	...	12.3	8.7	5.8
i_8	5.2	4	2.7	3.1	1.5	3.8	3.1	6.8	11.7	11.6	17	5.9	12.5	...	11.8	8.8	6.2
i_9	4.4	5.3	3.3	3.4	2.5	4.8	4	7.1	12	11.9	17.3	6.2	12.7	...	13	9	6.9
i_{10}	4.8	5.7	4	3.8	2.9	5.7	4.7	7.5	12.4	12.3	17.7	6.6	13.1	...	13.5	9.4	7.8
i_{11}	5.1	5.6	4.2	3.5	2.8	5.6	4.8	7.4	13.2	13	18.4	6.5	13.9	...	14.2	11	7.7
i_{12}	4.6	5.5	3.8	3.6	2.8	5.5	4.7	7.3	12.3	12.1	17.5	6.4	13	...	13.5	9.3	7.9
i_{13}	5.6	5.4	4.1	3.1	2.7	5.4	4.6	6.9	12.8	12.7	18.1	6	13.5	...	13.2	8.8	7.6
i_{14}	6.2	5.4	4	2.6	2.1	5	4.5	6.3	12.3	12.1	17.5	5.4	13	...	14	9.3	7.6
i_{15}	5.5	4.9	3.6	2.9	2.1	4.9	4.1	6.6	11.5	11.4	16.8	5.7	12.2	...	13.5	8.5	7.1
i_{16}	5.6	4.9	3.5	2.2	1.6	4.5	3.8	5.9	10.9	10.7	16.1	5.1	11.6	...	13.5	7.9	7
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
i_{101}	8.9	5.9	6.4	2.9	3.8	4.6	3.9	2.2	9.6	9.5	14.5	3.4	10	...	13.2	6	7.1
i_{102}	9.9	7	7.4	3.9	4.8	5.6	5	0.12	7.8	7.6	13	2	8.5	...	14.2	4.1	8.1
i_{103}	8.6	5.6	6.1	2.6	3.5	4.3	3.6	4	8.9	8.8	14.2	3.1	9.7	...	12.9	6	6.8

จากตารางที่ 5.2 แสดงระยะทางการอพยพรถยนต์จากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน (i) ไปยังจุดอพยพรถยนต์ 66 จุดจอด (j)

การพิจารณาเลือกจุดอพยพรถยนต์ทั้งหมด 66 จุดจอด โดยการนำสมการที่ 5.5 ของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ CFLP มาใส่ บนแผ่นคำนวณ (Spreadsheet) ของไมโครซอฟท์ เอ็กเซล (Microsoft Excel) และหาคำตอบโดยใช้เครื่องมือพรีเมียม โซลเวอร์ แพลตฟอร์ม (Premium Solver Platform) ซึ่งผลจากการคำนวณพบว่า ทุกจุดอพยพรถยนต์ได้รับเลือกให้เปิดบริการ เพื่อรองรับรถยนต์ที่ต้องการอพยพ ดังรูปที่ 5.4

Decision Variables	i_1	i_2	i_3	i_4	i_5	i_6	i_7	i_8	i_9	i_{10}	i_{11}	i_{12}	i_{13}	i_{14} (1)
Parking														
Community	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

รูปที่ 5.4 ผลการเลือกจุดอพยพรถยนต์ทั้ง 66 จุดจอด

เมื่อจุดอพยพรถยนต์ทั้ง 66 จุดจอด ได้รับเลือกให้เปิดบริการทั้งหมด เพื่อรองรับจำนวนรถยนต์ที่ต้องการอพยพจากชุมชนต่าง ๆ แล้วทำการคำนวณหาจำนวนรถยนต์ที่อพยพจากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ทั้ง 66 จุดจอด ดังแสดงในตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 จำนวนรถยนต์แต่ละชุมชนที่อพยพมายังจุดอพยพรถยนต์ 66 จุดจอด

จุดอพยพ รถยนต์ ชุมชน	j_1	j_2	j_3	j_4	j_5	j_6	j_7	j_8	j_9	j_{10}	j_{11}	j_{12}	...	j_{64}	j_{65}	j_{66}
i_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i_2	521	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i_3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i_4	974	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i_5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i_6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i_7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i_8	953	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i_9	810	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i_{10}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i_{11}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i_{12}	513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i_{13}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i_{14}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i_{15}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i_{16}	762	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i_{17}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i_{18}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i_{19}	0	0	445	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i_{20}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
i_{101}	0	0	0	0	0	0	0	150	0	0	0	0	...	0	0	0
i_{102}	0	0	0	0	0	0	0	250	0	0	0	0	...	0	0	0
i_{103}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0

จากตารางที่ 5.3 แสดงจำนวนรถยนต์ของแต่ละชุมชนที่อพยพรถยนต์ ไปยังจุดอพยพรถยนต์ทั้ง 66 จุดจอด เช่น ชุมชน i_2 อพยพรถยนต์ไปยังจุดอพยพรถยนต์ j_1 เป็นจำนวน 521 คัน โดยจำนวนของรถยนต์แต่ละชุมชนที่กระจายไปยังจุดอพยพรถยนต์ต่าง ๆ ต้องมีจำนวนรถยนต์ที่ทำการอพยพ เท่ากับจำนวนรถยนต์ที่ต้องการอพยพของชุมชนนั้น ๆ และจำนวนรถยนต์ที่ทำการอพยพจากชุมชนต่าง ๆ ไปยังจุดอพยพรถยนต์แห่งหนึ่ง ต้องไม่เกินขีดความสามารถในการรองรับรถยนต์ของจุดอพยพรถยนต์แห่งนั้น

เมื่อทราบจำนวนการอพยพรถยนต์จากชุมชนต่าง ๆ ไปยังจุดอพยพรถยนต์แล้ว สามารถหา ระยะทางทั้งหมดของการอพยพรถยนต์ โดยการหาผลรวมของผลคูณระหว่าง ระยะทางที่ใช้อพยพรถยนต์ (ตารางที่ 5.2) กับจำนวนรถยนต์ของแต่ละชุมชนที่อพยพไปยังจุดอพยพรถยนต์ทั้ง 66 จุดจอด (ตารางที่ 5.3) รวมเป็นระยะทางทั้งหมด 659,702.30 กิโลเมตร

5.2.2 ทางเลือกที่ 2: การใช้จุดอพยพรถยนต์ของทางเลือกที่ 1 โดยพิจารณาเพียงถนน 4 เลน รวมจุดอพยพรถยนต์ 48 จุดจอด

จากหัวข้อ 5.2.1 พบว่ามีจุดอพยพรถยนต์จำนวนทั้งหมด 66 จุดจอด และในจำนวนนั้นมี ถนน 2 เลนรวมอยู่ด้วย ซึ่งถ้ามีรถยนต์ที่ทำการอพยพน้ำท่วมไปจอดบนถนน 2 เลน อาจส่งผลให้การสัญจรบนท้องถนนติดขัดได้ ในหัวข้อนี้จึงตัดถนน 2 เลน ออกจากจุดอพยพรถยนต์ ดังนั้นจุดอพยพรถยนต์ทั้งหมดจะลดลงเหลือ 48 จุดจอด ดังแสดงในตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 จุดอพยพรถยนต์และความจุในการรองรับรถยนต์ทั้ง 48 จุดจอด

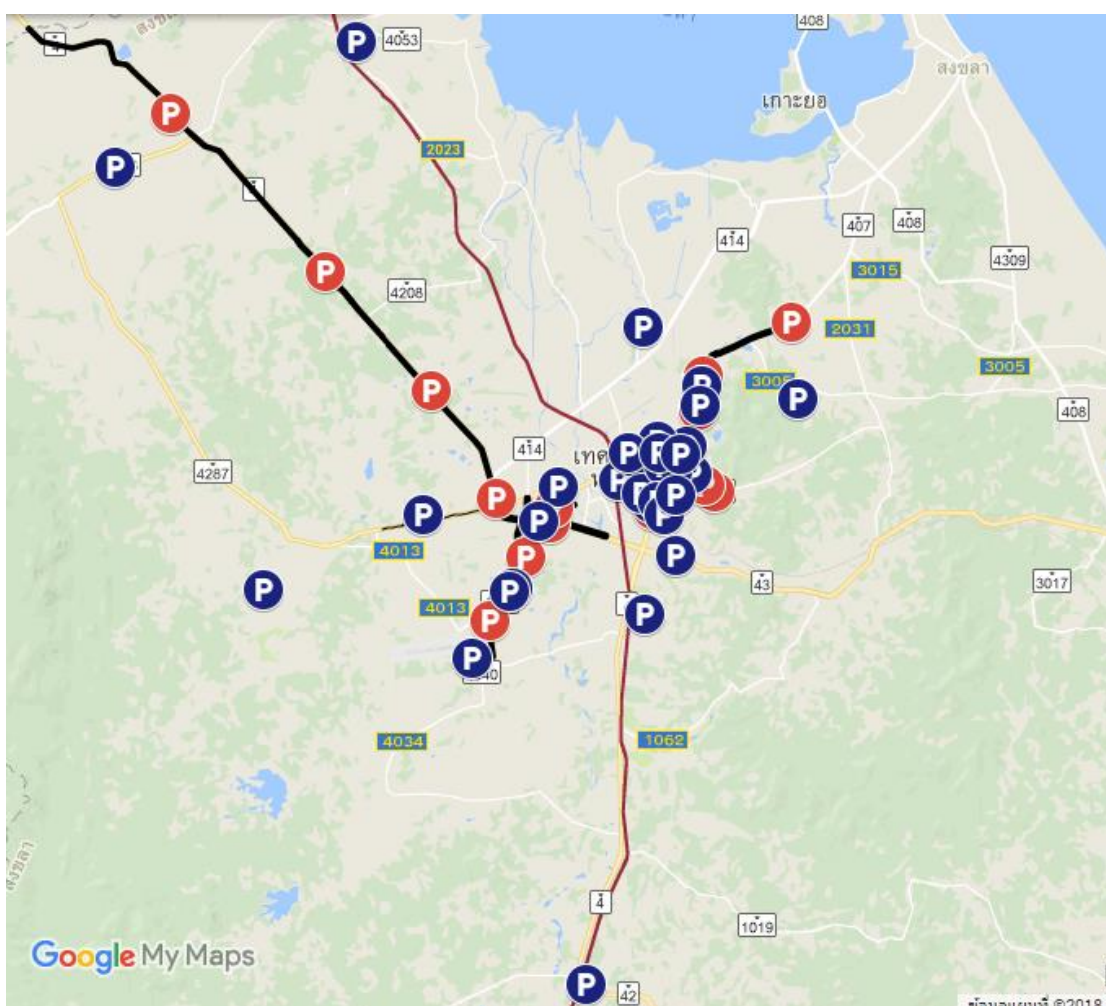
ลำดับ	จุดอพยพรถยนต์	ความจุในการรองรับรถยนต์ (คัน)	ความสูงของระดับน้ำทะเล (เมตร)
j1	สวนสาธารณะเทศบาลหาดใหญ่	5,772	12
j2	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	4,440	28
j3	เทสโก้โลตัส หาดใหญ่1	850	26
j4	ศูนย์วิจัยยางสงขลา	500	13
j5	ศูนย์การค้าโรบินสัน หาดใหญ่	360	12
j6	โรงแรมहरรรษา เจ บี หาดใหญ่	130	15
j7	สถานีขนส่งหาดใหญ่	100	14
j8	ศูนย์การค้าไดอาน่า	400	14
j9	ศูนย์การค้าเทสโก้โลตัส หาดใหญ่2	750	12
j10	ศูนย์เครื่องจักรกล สำนักงานชลประทานที่ 16	80	18
j11	ศูนย์ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย เขต 12	200	17
j12	กองบิน 56	3,000	20
j13	โรงเรียนหาดใหญ่รัฐประชาสรรค์	1,000	20
j14	บิ๊กซี เอ็กตรา	300	12
j15	ถนนประชายินดี	50	12
j16	วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่	200	15
j17	สำนักงานเทศบาลนครหาดใหญ่	50	12
j18	ศูนย์ไปรษณีย์ควนลัง	50	40

ตารางที่ 5.4 จุดอพยพรถยนต์และความจุในการรองรับรถยนต์ทั้ง 48 จุดจอด (ต่อ)

ลำดับ	จุดอพยพรถยนต์	ความจุในการรองรับรถยนต์ (คัน)	ความสูงของระดับน้ำทะเล (เมตร)
j19	บ้านเพื่อน (แถวขนส่ง)	300	13
j20	โรงพยาบาลกรุงเทพหาดใหญ่	300	15
j21	แม่โคโร สาขาหาดใหญ่	100	24
j22	สำนักงานเทศบาลเมืองคอหงส์	50	15
j23	ถนนกาญจนวนิช	50	14
j24	สำนักงานเทศบาลเมืองบ้านพรุ	50	25
j25	สำนักงานเทศบาลเมืองคลองแห	200	12
j26	บริษัท โซติวัฒน์อุตสาหกรรมการผลิต จำกัด	50	14
j27	ที่ว่าการอำเภอรัตภูมิ	50	31
j28	สำนักงานเทศบาลเมืองทุ่งตำเสา	50	30
j29	สำนักงานเทศบาลตำบลคลองแงะ	50	22
j30	ที่ว่าการอำเภอควนเนียง	50	12
j31	องค์การบริหารส่วนตำบล ทุ่งใหญ่	50	26
j32	ทางหลวงสายเอเชีย2-สี่แยกควนลัง	900	24
j33	สี่แยกควนลัง-ก่อนม.กรุงเทพ	5,400	38
j34	สนามบิน ลพบุรีฯ-หน้าร.นุรอส	3,600	32
j35	หน้าร.นุรอส - กองบิน56	3,500	18
j36	สนามกอล์ฟ-สวนสาธารณะ	852	15
j37	คอหงส์1-ทุ่งใหญ่2 (ถ.ข้ามอ.108-109)	4,200	29
j38	น้ำน้อย1-น้ำน้อย1.1	4,400	33
j39	บางกล้า-ขอบ ต.ควนลัง	11,100	35
j40	รัตภูมิ1-รัตภูมิ1.1	17,000	24
j41	เซ็นทรัลเฟสติวัล หาดใหญ่	2,800	13
j42	อ.รัตภูมิ1-อ.บางกล้า	3800	37
j43	ถ.ศุภสารรังสรรค์ (ข้างโลตัส)	326	19
j44	ถ.หน้าค่ายเสนา-ถ.หน้าสวนสาธารณะ	2200	17
j45	ถ.หน้าศูนย์วิจัยยาง-ถ.หน้าม.อ.	2000	26
j46	ถ.หน้ากรีนเวย์-ถ.หน้าเซ็นทรัล	848	15
j47	ศูนย์ประชุมนานาชาติคลองสิริราชสมบัติครบ ๖๐ ปี	600	31
j48	ควนสันติ	2300	22

จากตารางที่ 5.4 แสดงจุดอพยพรถยนต์ที่พิจารณาเส้นทางถนน 4 เลน เท่านั้น โดยมีการระบุ ความจุในการรองรับรถยนต์ และความสูงของระดับน้ำทะเลของแต่ละจุดอพยพรถยนต์ ซึ่งจุดอพยพรถยนต์ที่เป็นเส้นทางถนน จะถูกคำนวณจากระยะทางของช่วงถนนเทียบกับระยะจอดของรถยนต์ และคูณด้วยจำนวนเลนถนนทั้งขาไปขากลับ กรณีที่ถนนเป็น 4 เลน จะเว้นถนนไว้ 1 เลน สำหรับสัญจรในแต่ละด้าน

จุดอพยพรถยนต์ที่ไม่รวมถนน 2 เลน ส่งผลให้จุดอพยพรถยนต์ลดลงเหลือ 48 จุดจอด นำมาปักหมุดบนแผนที่ของฉันทันบนกูเกิ้ล (Google My Maps) เพื่อให้สะดวกต่อการหาเส้นทางการอพยพรถยนต์จากชุมชน 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ 48 จุดจอด ดังรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.5 แผนที่ของจุดอพยพรถยนต์ที่ลดลงเหลือ 48 จุดจอด

เมื่อพิจารณาเพียงถนน 4 เลน ทำให้เหลือจุดอพยพรถยนต์เป็นจำนวน 48 จุดจอด และนำมาคำนวณหาระยะทางรวมทั้งหมดในการอพยพรถยนต์ของทางเลือกที่ 2 โดยเริ่มจากการหาระยะทางจากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ 48 จุดจอด แสดงดังตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 ระยะทางระหว่างชุมชน 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ 48 จุดจอด

จุดอพยพ รถยนต์ ชุมชน	j1	j2	j3	j4	j5	j6	j7	j8	j9	j10	j11	j12	...	j47	j48	Dummy
i1	0.8	5.8	3.7	7.7	6.6	8.6	7.3	11.5	16.4	16.2	23.7	10.6	...	6.9	13	30
i2	1.2	4.8	2.7	6.9	5.6	7	6.3	10.6	17.4	17.3	19.7	9.7	...	6.3	13	30
i3	1.9	4.6	2.5	6.4	5.1	7	6.2	10.1	17.5	17.4	22.8	9.3	...	7	14	30
i4	2.6	3.1	1.2	5	3.7	5.5	4.8	8.7	15.9	15.7	18.1	7.8	...	4.8	11	30
i5	3.9	3.3	1.4	4.2	3	4.9	4.1	7.9	12.9	12.7	18.3	7.1	...	4.5	9.9	30
i6	4.2	3.2	1.6	3.3	2	3.9	3.1	7	11.9	11.7	17.2	6.1	...	4.7	8.9	30
i7	4.8	3.7	2.3	3.1	1.8	3.7	2.9	6.8	11.7	11.6	17	5.9	...	5.1	8.7	30
i8	5.2	4	2.7	3.1	1.5	3.8	3.1	6.8	11.7	11.6	17	5.9	...	5.5	8.8	30
i9	4.4	5.3	3.3	3.4	2.5	4.8	4	7.1	12	11.9	17.3	6.2	...	6.2	9	30
i10	4.8	5.7	4	3.8	2.9	5.7	4.7	7.5	12.4	12.3	17.7	6.6	...	7.1	9.4	30
i11	5.1	5.6	4.2	3.5	2.8	5.6	4.8	7.4	13.2	13	18.4	6.5	...	7	11	30
i12	4.6	5.5	3.8	3.6	2.8	5.5	4.7	7.3	12.3	12.1	17.5	6.4	...	7.2	9.3	30
i13	5.6	5.4	4.1	3.1	2.7	5.4	4.6	6.9	12.8	12.7	18.1	6	...	6.9	8.8	30
i14	6.2	5.4	4	2.6	2.1	5	4.5	6.3	12.3	12.1	17.5	5.4	...	6.8	9.3	30
i15	5.5	4.9	3.6	2.9	2.1	4.9	4.1	6.6	11.5	11.4	16.8	5.7	...	6.4	8.5	30
i16	5.6	4.9	3.5	2.2	1.6	4.5	3.8	5.9	10.9	10.7	16.1	5.1	...	6.3	7.9	30
i17	5.6	4.2	3	2.4	1.6	4.1	3.3	6.1	11	10.9	16.3	5.2	...	5.8	8	30
i18	5.8	4.4	3.2	1.7	1.2	4.3	3.5	5.4	10.3	10.2	15.6	4.5	...	6	7.3	30
i19	6.2	5	3.6	1.7	1.2	4.1	3.7	5.4	10.3	10.2	15.6	4.5	...	6.4	7.3	30
i20	6.6	4.8	4.1	1.8	1.7	4.2	3.5	5.9	10.8	10.7	16.1	5	...	6.2	7.9	30
i21	6.3	5.2	4	2.1	1.6	4.5	4.1	5.8	10.7	10.6	16	4.9	...	6.8	7.8	30
i22	6.8	5.8	4.4	2.5	2	4.9	4.6	6.2	11.7	11.6	17	5.3	...	7.2	8.2	30
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
i101	8.9	5.9	6.4	2.9	3.8	4.6	3.9	2.2	9.6	9.5	14.5	3.4	...	6.8	6	30
i102	9.9	7	7.4	3.9	4.8	5.6	5	0.12	7.8	7.6	13	2	...	7.8	4.1	30
i103	8.6	5.6	6.1	2.6	3.5	4.3	3.6	4	8.9	8.8	14.2	3.1	...	6.5	6	30

จากตารางที่ 5.5 แสดงระยะทางจากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ทั้ง 48 จุดจอด และเพิ่มคัมมี้ของจุดอพยพรถยนต์ ที่ระยะทาง 30 กิโลเมตร (ระยะทางอ้างอิงมาจากค่าเฉลี่ยระยะทางจากเทศบาลนครหาดใหญ่ไปยังต่างอำเภอโดยรอบ) และทำการปกคลุมพื้นที่ของชุมชน และจุดอพยพรถยนต์ทั้งหมดบนแผนที่ของฉันทันบนกูเกิ้ล (Google My Maps) แล้วหาระยะทางระหว่างชุมชนต่อจุดอพยพรถยนต์ที่สั้นที่สุดใน กูเกิ้ล แมพ (Google Maps) และพิจารณาการเลือกจุดอพยพรถยนต์ทั้งหมด 48 จุดจอด และคัมมี้ของจุดอพยพรถยนต์ โดยหาคำตอบจากเครื่องมือพรีเมียม โซลเวอร์ แพลตฟอร์ม (Premium Solver Platform) ซึ่งผลจากการคำนวณพบว่า ทุกจุดอพยพรถยนต์ได้รับเลือกให้เปิดบริการ เพื่อรองรับรถยนต์ที่ต้องการอพยพ ดังรูปที่ 5.6

Decision Variables																		
Parking	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8	i9	i10	i11	i12	i13	i14 (1)	i1			
Community	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

รูปที่ 5.6 ผลการเลือกจุดอพยพรถยนต์ทั้งหมด 48 จุดจอด และคัมมีของจุดอพยพรถยนต์

เมื่อจุดอพยพรถยนต์ทั้ง 48 จุดจอด และคัมมีของจุดอพยพรถยนต์ ได้รับเลือกให้เปิดบริการทั้งหมด เพื่อรองรับจำนวนรถยนต์ที่ต้องการอพยพจากชุมชนต่าง ๆ แล้ว นำมาคำนวณหาจำนวนรถยนต์ที่อพยพจากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ทั้ง 48 จุดจอด และคัมมีของจุดอพยพรถยนต์ ดังแสดงในตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 จำนวนรถยนต์แต่ละชุมชนที่อพยพมายังจุดอพยพรถยนต์ 48 จุดจอด และคัมมีของจุดอพยพรถยนต์

จุดอพยพ รถยนต์ ชุมชน	j1	j2	j3	j4	j5	j6	j7	j8	j9	j10	j11	j12	...	j47	j48	Dummy
i1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i2	143	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i4	1057	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i5	810	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i6	0	0	131	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i8	953	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i9	810	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i12	513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	93
i16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	1260
i17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	408
i18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	421
i19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	624
i20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	815
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
i101	0	0	0	0	0	0	0	150	0	0	0	0	...	0	0	0
i102	0	0	0	0	0	0	0	250	0	0	0	0	...	0	0	0
i103	0	0	0	0	0	0	0	0	271	0	0	0	...	0	0	0

จากตารางที่ 5.6 แสดงจำนวนรถยนต์ที่แต่ละชุมชนอพยพรถยนต์ ไปยังจุดอพยพรถยนต์ 48 จุดจอด และดัมมี่ของจุดอพยพรถยนต์ เช่น ชุมชน $i2$ อพยพรถยนต์ไปยังจุดอพยพรถยนต์ $j1$ เป็นจำนวน 143 คัน และชุมชน $i16$ อพยพรถยนต์ไปยังดัมมี่ของจุดอพยพรถยนต์ เป็นจำนวน 1,260 คัน โดยจำนวนรถยนต์แต่ละชุมชนที่กระจายไปยังจุดอพยพรถยนต์ต่าง ๆ ต้องมีจำนวนรถยนต์ที่ทำการอพยพ เท่ากับจำนวนรถยนต์ที่ต้องการอพยพของชุมชนนั้น ๆ และจำนวนรถยนต์ที่ทำการอพยพจากชุมชนต่าง ๆ ไปยังจุดอพยพรถยนต์แห่งหนึ่ง ต้องไม่เกินขีดความสามารถในการรองรับรถยนต์ของจุดอพยพรถยนต์แห่งนั้น

เมื่อทราบจำนวนการอพยพรถยนต์จากชุมชนต่าง ๆ ไปยังจุดอพยพรถยนต์ และดัมมี่ของจุดอพยพรถยนต์แล้ว สามารถหาระยะทางทั้งหมดของการอพยพรถยนต์ โดยการหาผลรวมของผลคูณระหว่าง ระยะทางที่ใช้อพยพรถยนต์ (ตารางที่ 5.5) กับจำนวนรถยนต์ของแต่ละชุมชนที่อพยพไปยังจุดอพยพรถยนต์ทั้ง 48 จุดจอด และดัมมี่ของจุดอพยพรถยนต์ (ตารางที่ 5.6) รวมเป็นระยะทางทั้งสิ้น 1,049,132.60 กิโลเมตร

กรณีของทางเลือกที่ 2 พบว่าจุดอพยพรถยนต์ไม่เพียงพอต่อความต้องการในการอพยพรถยนต์ของชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ซึ่งมีรถยนต์ที่ไม่สามารถไปใช้บริการจุดอพยพรถยนต์ได้เป็นจำนวน 3,122 คัน ถ้าเมื่อเกิดอุทกภัยขึ้นจริงรถยนต์จำนวนนี้จะต้องจมน้ำ ส่งผลให้ประชาชนได้รับความเดือดร้อนทางด้านทรัพย์สิน ดังนั้นได้เสนอทางเลือกที่ 3 โดยทำการหาจุดอพยพรถยนต์ที่เป็นเส้นทางถนน 4 เลนเพิ่ม โดยพื้นที่ของจุดอพยพรถยนต์นี้อยู่ต่ำกว่าความสูงของระดับน้ำทะเลที่ 12 เมตร แต่สามารถนำมาเป็นจุดอพยพรถยนต์ได้เนื่องจากในปี 2553 ที่ประสบปัญหาน้ำท่วมหนัก พื้นที่ของจุดอพยพรถยนต์นี้ไม่ประสบปัญหาอุทกภัย ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้มาจากแบบสอบถามในการลงพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่

5.2.3 ทางเลือกที่ 3: การหาจุดอพยพรถยนต์เพิ่ม จากจุดอพยพรถยนต์ของทางเลือกที่ 2

จากข้อเสนอทางเลือกที่ 2 ซึ่งพิจารณาจุดอพยพรถยนต์ที่เป็นเส้นทางถนนเพียง 4 เลนเท่านั้น ส่งผลให้จุดอพยพรถยนต์ทั้งหมดจะลดลงเหลือ 48 จุดจอด จึงไม่สามารถคำนวณหาระยะทางรวมทั้งหมดได้ เนื่องจากจุดอพยพรถยนต์ไม่สามารถรองรับรถยนต์ได้เพียงพอต่อจำนวนความต้องการการอพยพรถยนต์ของชุมชนทั้งหมดในเทศบาลนครหาดใหญ่ได้ ซึ่งในหัวข้อนี้ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจจุดอพยพรถยนต์เพิ่มเติม เพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการอพยพรถยนต์เมื่อเกิดอุทกภัย จากการสำรวจเพิ่มเติม ได้จุดอพยพรถยนต์ที่เป็นเส้นทางถนน 4 เลน ซึ่งอยู่ต่ำกว่าความสูงของระดับน้ำทะเลที่ 12 เมตร แต่ใช้การอ้างอิงข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามว่าจุดอพยพรถยนต์เหล่านี้ไม่ประสบปัญหาอุทกภัยในปี 2553 เป็นจำนวน 12 จุดจอด เมื่อรวมจุดอพยพรถยนต์เดิม 48 จุดจอด ส่งผลให้จุดอพยพรถยนต์เพิ่มขึ้นเป็นจำนวน 60 จุดจอด ดังแสดงในตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 จุดอพยพภัยอันตรายและความจุในการรองรับภัยอันตรายทั้ง 60 จุดจอด

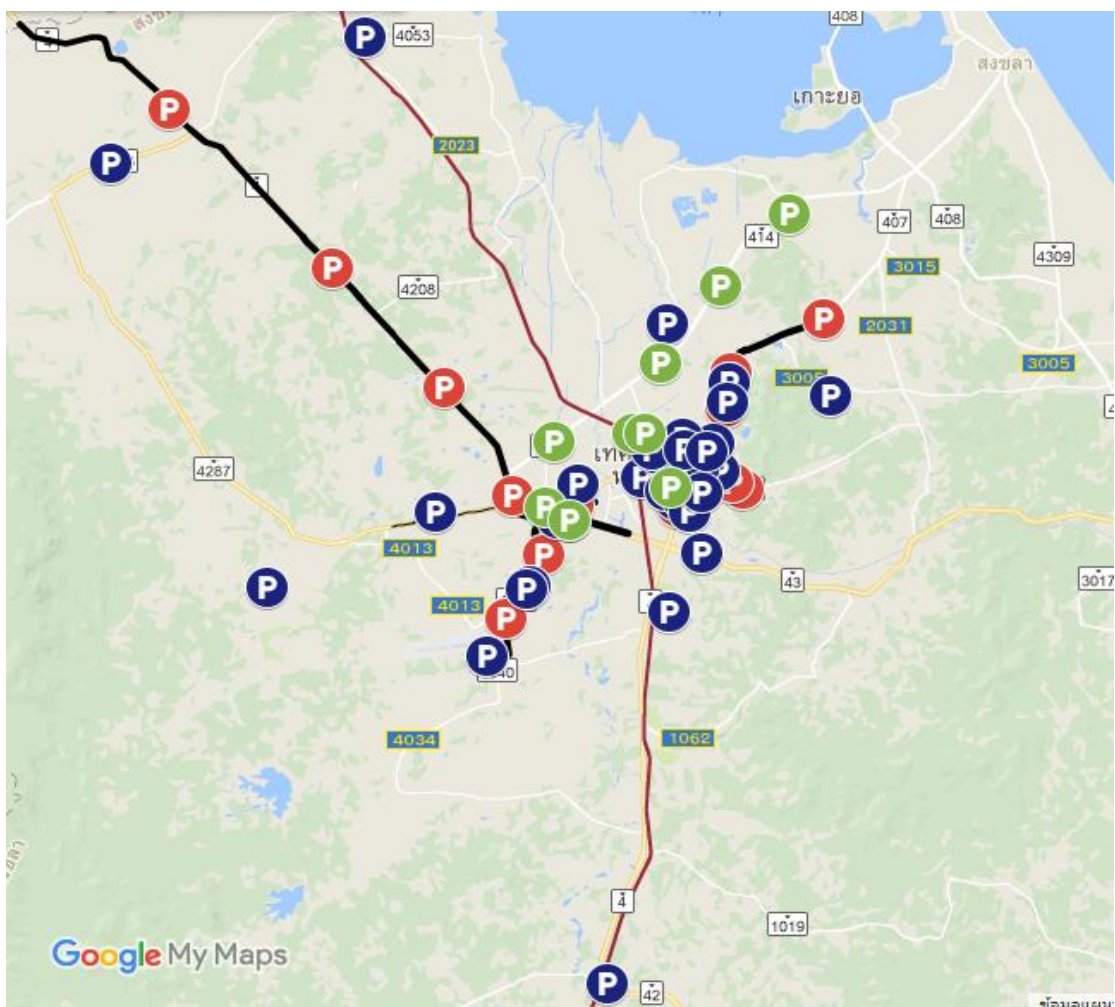
ลำดับ	จุดอพยพภัยอันตราย	ความจุในการรองรับภัยอันตราย (คัน)	ความสูงของระดับน้ำทะเล (เมตร)
j1	สวนสาธารณะเทศบาลหาดใหญ่	5,772	12
j2	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	4,440	28
j3	เทสโก้โลตัส หาดใหญ่1	850	26
j4	ศูนย์วิจัยยางสงขลา	500	13
j5	ศูนย์การค้าโรบินสัน หาดใหญ่	360	12
j6	โรงแรมहरุษา เจ บี หาดใหญ่	130	15
j7	สถานีขนส่งหาดใหญ่	100	14
j8	ศูนย์การค้าไดอาน่า	400	14
j9	ศูนย์การค้าเทสโก้โลตัส หาดใหญ่2	750	12
j10	ศูนย์เครื่องจักรกล สำนักงานชลประทานที่ 16	80	18
j11	ศูนย์ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย เขต 12	200	17
j12	กองบิน 56	3,000	20
j13	โรงเรียนหาดใหญ่รัฐประชาสรรค์	1,000	20
j14	บิกซี เอ็กตรา	300	12
j15	ถนนประชายินดี	50	12
j16	วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่	200	15
j17	สำนักงานเทศบาลนครหาดใหญ่	50	12
j18	ศูนย์ไปรษณีย์ควนลัง	50	40
j19	บ้านเพื่อน (แถวขนส่ง)	300	13
j20	โรงพยาบาลกรุงเทพหาดใหญ่	300	15
j21	แม่คโคร สาขาหาดใหญ่	100	24
j22	สำนักงานเทศบาลเมืองคอหงส์	50	15
j23	ถนนกาญจนวนิช	50	14
j24	สำนักงานเทศบาลเมืองบ้านพรุ	50	25
j25	สำนักงานเทศบาลเมืองคลองแห	200	12
j26	บริษัท โชติวัฒน์อุตสาหกรรมการผลิต จำกัด	50	14
j27	ที่ว่าการอำเภอรัตภูมิ	50	31
j28	สำนักงานเทศบาลเมืองทุ่งตำเสา	50	30
j29	สำนักงานเทศบาลตำบลคลองแงะ	50	22

ตารางที่ 5.7 จุดอพยพรถยนต์และความจุในการรองรับรถยนต์ทั้ง 60 จุดจอด (ต่อ)

ลำดับ	จุดอพยพรถยนต์	ความจุในการรองรับรถยนต์ (คัน)	ความสูงของระดับน้ำทะเล (เมตร)
j30	ที่ว่าการอำเภอควนเนียง	50	12
j31	องค์การบริหารส่วนตำบล หุ้งใหญ่	50	26
j32	ทางหลวงสายเอเชีย2-สี่แยกควนล้ง	900	24
j33	สี่แยกควนล้ง-ก่อนม.กรุงเทพ	5,400	38
j34	สนามบิน ลพบุรีฯ-หน้าร.ยุทธ	3,600	32
j35	หน้าร.ยุทธ - กองบิน56	3,500	18
j36	สนามกอล์ฟ-สวนสาธารณะ	852	15
j37	คองส์1-หุ้งใหญ่2 (ถ.ข้ามมอ.108-109)	4,200	29
j38	น้ำน้อย1-น้ำน้อย1.1	4,400	33
j39	บางกล้า-ขอบ ต.ควนล้ง	11,100	35
j40	รัตภูมิ1-รัตภูมิ1.1	17,000	24
j41	เขื่อนทริลเฟสตีวัล หาดใหญ่	2,800	13
j42	อ.รัตภูมิ1-อ.บางกล้า	3,800	37
j43	ถ.ศุภสารรังสรรค์ (ข้ามโลตัส)	326	19
j44	ถ.หน้าค่ายเสนา-ถ.หน้าสวนสาธารณะ	2,200	17
j45	ถ.หน้าศูนย์วิจัยยาง-ถ.หน้าม.อ.	2,000	26
j46	ถ.หน้ากรีนเวย์-ถ.หน้าเขื่อนทริล	848	15
j47	ศูนย์ประชุมนานาชาติฉลองสิริราชสมบัติครบ ๖๐ ปี	600	31
j48	ควนสันติ	2,300	22
j49	สะพานสัจจุกล	50	ใช้ข้อมูลในอดีต
j50	โรงพยาบาลศิรินครินทร์หาดใหญ่	200	ใช้ข้อมูลในอดีต
j51	นภลัยเพลส คอนโดมิเนียม	500	ใช้ข้อมูลในอดีต
j52	สนามบินนอก-สนามบิน ลพบุรีรามาศร์	2,300	ใช้ข้อมูลในอดีต
j53	ก่อนม.กรุงเทพ-แยกคลองหวั	1,800	ใช้ข้อมูลในอดีต
j54	น้ำน้อย2-น้ำน้อย2.1	7,500	ใช้ข้อมูลในอดีต
j55	คลองแห1-คลองแห1.1	6,700	ใช้ข้อมูลในอดีต
j56	คลองแห1-น้อน้อย2(ต.คูเต่า)	2,200	ใช้ข้อมูลในอดีต
j57	บางกล้า1-บางกล้า1.1	5,300	ใช้ข้อมูลในอดีต
j58	แยกลพบุรีรามาศร์-แยกสนามบินนอก	2,300	ใช้ข้อมูลในอดีต
j59	ช.แก้วนวนลอุทิศ	1,900	ใช้ข้อมูลในอดีต
j60	ช.วัดคลองเปล	600	ใช้ข้อมูลในอดีต

จากตารางที่ 5.7 แสดงจุดอพยพรถยนต์ที่สำรวจเพิ่ม 12 จุดจอด เมื่อรวมกับของเดิมเป็นจำนวน 60 จุดจอด พร้อมทั้งแสดงความจุในการรองรับรถยนต์ของจุดอพยพรถยนต์นั้น ๆ ซึ่งคำนวณจากระยะทางของช่วงถนนเทียบกับระยะจอดของรถยนต์ และคูณด้วยจำนวนเลนถนนทั้งขาไปขากลับ กรณีที่ถนนเป็น 4 เลน จะเว้นถนนไว้ 1 เลน สำหรับสัญจรในแต่ละด้าน และแสดงความสูงของระดับน้ำทะเลของจุดอพยพรถยนต์ทั้ง 60 จุดจอด

จุดอพยพรถยนต์ที่ได้จากการสำรวจเพิ่มเป็นจำนวน 60 จุดจอด นำมาปักหมุดบนแผนที่ของฉันทันบนกูเกิ้ล (Google My Maps) เพื่อให้สะดวกต่อการหาเส้นทางการอพยพรถยนต์จากชุมชน 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ทั้ง 60 จุดจอด ดังรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.7 แผนที่ของจุดอพยพรถยนต์ที่ทำการสำรวจเพิ่ม 60 จุดจอด

เมื่อได้จุดอพยพรถยนต์เพิ่มเป็นจำนวน 12 จุดจอด และรวมเข้ากับจุดอพยพรถยนต์ของทางเลือกที่ 2 เป็นจำนวน 60 จุดจอด สามารถนำมาคำนวณหาระยะทางรวมทั้งหมดในการอพยพรถยนต์ของทางเลือกนี้ โดยเริ่มจากการหาระยะทางจากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ 60 จุดจอด ดังแสดงในตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 ระยะทางระหว่างชุมชน 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ 60 จุดจอด

จุดอพยพ รถยนต์ ชุมชน	j_1	j_2	j_3	j_4	j_5	j_6	j_7	j_8	j_9	j_{10}	j_{11}	j_{12}	...	j_{58}	j_{59}	j_{60}
i_1	0.8	5.8	3.7	7.7	6.6	8.6	7.3	11.5	16.4	16.2	23.7	10.6	...	12.6	2.8	1.0
i_2	1.2	4.8	2.7	6.9	5.6	7.0	6.3	10.6	17.4	17.3	19.7	9.7	...	11.8	1.4	1.2
i_3	1.9	4.6	2.5	6.4	5.1	7.0	6.2	10.1	17.5	17.4	22.8	9.3	...	11.4	1.3	1.9
i_4	2.6	3.1	1.2	5.0	3.7	5.5	4.8	8.7	15.9	15.7	18.1	7.8	...	11.1	1.4	2.7
i_5	3.9	3.3	1.4	4.2	3.0	4.9	4.1	7.9	12.9	12.7	18.3	7.1	...	10.9	1.5	3.9
i_6	4.2	3.2	1.6	3.3	2.0	3.9	3.1	7.0	11.9	11.7	17.2	6.1	...	9.3	1.8	4.2
i_7	4.8	3.7	2.3	3.1	1.8	3.7	2.9	6.8	11.7	11.6	17.0	5.9	...	9.1	2.4	4.4
i_8	5.2	4.0	2.7	3.1	1.5	3.8	3.1	6.8	11.7	11.6	17.0	5.9	...	9.1	3.2	5.3
i_9	4.4	5.3	3.3	3.4	2.5	4.8	4.0	7.1	12.0	11.9	17.3	6.2	...	8.9	1.9	4.0
i_{10}	4.8	5.7	4.0	3.8	2.9	5.7	4.7	7.5	12.4	12.3	17.7	6.6	...	8.5	2.3	4.4
i_{11}	5.1	5.6	4.2	3.5	2.8	5.6	4.8	7.4	13.2	13.0	18.4	6.5	...	7.8	2.5	4.5
i_{12}	4.6	5.5	3.8	3.6	2.8	5.5	4.7	7.3	12.3	12.1	17.5	6.4	...	8.5	2.2	4.2
i_{13}	5.6	5.4	4.1	3.1	2.7	5.4	4.6	6.9	12.8	12.7	18.1	6.0	...	7.4	2.8	4.9
i_{14}	6.2	5.4	4.0	2.6	2.1	5.0	4.5	6.3	12.3	12.1	17.5	5.4	...	6.9	3.4	5.4
i_{15}	5.5	4.9	3.6	2.9	2.1	4.9	4.1	6.6	11.5	11.4	16.8	5.7	...	8.2	3.1	5.1
i_{16}	5.6	4.9	3.5	2.2	1.6	4.5	3.8	5.9	10.9	10.7	16.1	5.1	...	7.3	3.1	5.2
i_{17}	5.6	4.2	3.0	2.4	1.6	4.1	3.3	6.1	11.0	10.9	16.3	5.2	...	7.5	3.3	5.4
i_{18}	5.8	4.4	3.2	1.7	1.2	4.3	3.5	5.4	10.3	10.2	15.6	4.5	...	7.2	3.6	5.7
i_{19}	6.2	5.0	3.6	1.7	1.2	4.1	3.7	5.4	10.3	10.2	15.6	4.5	...	7.4	4.3	6.2
i_{20}	6.6	4.8	4.1	1.8	1.7	4.2	3.5	5.9	10.8	10.7	16.1	5.0	...	7.1	4.6	6.7
i_{21}	6.3	5.2	4.0	2.1	1.6	4.5	4.1	5.8	10.7	10.6	16.0	4.9	...	7.0	3.9	5.9
i_{22}	6.8	5.8	4.4	2.5	2.0	4.9	4.6	6.2	11.7	11.6	17.0	5.3	...	6.3	4.1	6.1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
i_{101}	8.9	5.9	6.4	2.9	3.8	4.6	3.9	2.2	9.6	9.5	14.5	3.4	...	3.9	7.0	9.0
i_{102}	9.9	7.0	7.4	3.9	4.8	5.6	5.0	0.1	7.8	7.6	13.0	2.0	...	2.2	8.0	10.0
i_{103}	8.6	5.6	6.1	2.6	3.5	4.3	3.6	4.0	8.9	8.8	14.2	3.1	...	6.0	6.7	8.6

จากตารางที่ 5.8 เป็นการแสดงระยะทางจากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ทั้ง 60 จุดจอด และจำนวนความต้องการในการอพยพรถยนต์ของชุมชนทั้งหมด ซึ่งการหาระยะทางทำโดยการปักหมุดพื้นที่ของชุมชน และจุดอพยพรถยนต์ทั้งหมดบนแผนที่ของอินบงกูเกิ้ล (Google My Maps) แล้วหาระยะทางระหว่างชุมชนต่อจุดอพยพรถยนต์ที่สั้นที่สุดใน กูเกิ้ล แมพ (Google Maps) และพิจารณาการเลือกจุดอพยพรถยนต์ทั้งหมด 60 จุดจอด โดยหาคำตอบจากเครื่องมือฟรีเมียม โซลเวอร์ แพลตฟอร์ม (Premium Solver Platform) ซึ่งผลจากการคำนวณพบว่าทุกจุดอพยพรถยนต์ได้รับเลือกให้เปิดบริการ เพื่อรองรับรถยนต์ที่ต้องการอพยพ ดังรูปที่ 5.8

จากตารางที่ 5.9 แสดงจำนวนรถยนต์ในแต่ละชุมชนอพยพรถยนต์ ไปยังจุดอพยพรถยนต์ ทั้ง 60 จุดจอด เช่น ชุมชน i 8 อพยพรถยนต์ไปยังจุดอพยพรถยนต์ j 1 เป็นจำนวน 953 คัน โดยจำนวนของรถยนต์แต่ละชุมชนที่กระจายไปยังจุดอพยพรถยนต์ต่าง ๆ ต้องมีจำนวนรถยนต์ที่ทำการอพยพเท่ากับจำนวนรถยนต์ที่ต้องการอพยพของชุมชนนั้น ๆ และจำนวนรถยนต์ที่ทำการอพยพจากชุมชนต่าง ๆ ไปยังจุดอพยพรถยนต์แห่งหนึ่ง ต้องไม่เกินขีดความสามารถในการรองรับรถยนต์ของจุดอพยพรถยนต์แห่งนั้น

เมื่อทราบจำนวนการอพยพรถยนต์จากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ 60 จุดจอดแล้ว สามารถหาระยะทางทั้งหมดของการอพยพรถยนต์ โดยการหาผลรวมของผลคูณระหว่างระยะทางที่ใช้อพยพรถยนต์ (ตารางที่ 5.8) กับจำนวนรถยนต์ของแต่ละชุมชนที่อพยพไปยังจุดอพยพรถยนต์ทั้ง 60 จุดจอด (ตารางที่ 5.9) รวมเป็นระยะทางทั้งหมด 479,512.40 กิโลเมตร

เมื่อกำหนดได้ระยะทางรวมทั้งหมดของการอพยพรถยนต์จากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ของทางเลือกต่าง ๆ โดยประยุกต์ใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (CFLP) นำมาพัฒนาบนแผ่นคำนวณ (Spreadsheet) ของไมโครซอฟท์ เอ็กซ์เซล (Microsoft Excel) และค้นหาคำตอบโดยใช้เครื่องมือพรีเมียม โซลเวอร์ แพลตฟอร์ม (Premium Solver Platform) ซึ่งได้ผลของระยะทางรวมทั้งหมดในการอพยพรถยนต์จากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ของทางเลือกต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.10 ระยะทางรวมทั้งหมดของการอพยพรถยนต์จากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ของทางเลือกต่าง ๆ

หัวข้อ	ทางเลือก	ดัมมี่ของจุดอพยพรถยนต์	ระยะทางรวมทั้งหมด (กิโลเมตร)	ระยะทางลดลง (กิโลเมตร)	เปอร์เซ็นต์ของระยะทางที่ลดลง
4.3.2	จุดอพยพรถยนต์ที่ทางเทศบาลนครหาดใหญ่เปิดให้บริการ 13 จุดจอด จุดจอดอื่น ๆ 31 จุดจอด และค่าปรับระยะทางกรณีรถยนต์ที่ไม่ได้อพยพ (30 กิโลเมตร)	ระทาง 30 กิโลเมตร	1,426,428.65	-	-
5.2.1	ทางเลือกที่ 1: จุดอพยพรถยนต์จากสภาพปัจจุบัน 34 จุดจอด และหาจุดอพยพรถยนต์เพิ่มจากเส้นทางถนน 32 จุดจอด โดยพิจารณาถนน 2 และ 4 เลน	-	659,702.30	766,726.35	53.75
5.2.2	ทางเลือกที่ 2: การใช้จุดอพยพรถยนต์ของทางเลือกที่ 1 โดยพิจารณาเพียงถนน 4 เลน	-	1,049,132.60	377,296.05	26.45
5.2.3	ทางเลือกที่ 3: การหาจุดอพยพรถยนต์เพิ่ม จากจุดอพยพรถยนต์ของทางเลือกที่ 2	-	479,512.40	946,916.25	66.38

จากตารางที่ 5.10 แสดงระยะทางรวมทั้งหมดของการอพยพรถยนต์จากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ของแต่ละทางเลือก พบว่าทางเลือกในหัวข้อที่ 5.2.2 หรือทางเลือกที่ 2 มีระยะทางรวมในการอพยพรถยนต์ทั้งหมดมากที่สุด เนื่องจากจุดอพยพรถยนต์ไม่เพียงพอต่อความต้องการการอพยพรถยนต์จากชุมชนทั้งหมดของเทศบาลนครหาดใหญ่ โดยกำหนดคัมมิ์ของจุดอพยพรถยนต์ในระยะทาง 30 กิโลเมตร ขึ้นมาเพื่อให้รถยนต์ที่ยังไม่มีจุดอพยพได้อพยพรถยนต์ ซึ่งระยะทางในการกำหนดคัมมิ์ของจุดอพยพรถยนต์เป็นระยะทางเฉลี่ยในการอพยพไปต่างอำเภอ จึงส่งผลให้ระยะทางรวมทั้งหมดมากที่สุด ส่วนหัวข้อที่ 5.2.3 หรือทางเลือกที่ 3 มีระยะทางรวมในการอพยพรถยนต์ทั้งหมดน้อยที่สุด เนื่องจากจุดอพยพรถยนต์ที่เพิ่มเข้ามาในทางเลือกนี้ส่วนใหญ่อยู่บริเวณในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ส่งผลให้ทางเลือกนี้มีระยะทางรวมทั้งหมดน้อยที่สุด

5.3 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) เป็นการทดสอบผลที่ได้จากการศึกษา ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้พิจารณาความไม่แน่นอนของจำนวนรถยนต์ที่ต้องการอพยพ ไปยังจุดอพยพรถยนต์ โดยกำหนดจำนวนรถยนต์ที่ต้องการอพยพ เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 และ 10 เพื่อให้ครอบคลุมการเปลี่ยนแปลงของจำนวนรถยนต์ที่ต้องการอพยพที่อาจเกิดขึ้นได้ และทำการคำนวณจำนวนรถยนต์ที่ต้องการอพยพที่เพิ่มขึ้น ร้อยละ 5 และ 10 ดังแสดงในตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.11 ระยะทางรวมทั้งหมดของการอพยพรถยนต์จากการวิเคราะห์ความไว

จำนวนรถยนต์	ข้อเสนอทางเลือก					
	ทางเลือกที่ 1		ทางเลือกที่ 2		ทางเลือกที่ 3	
	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ร้อยละที่เพิ่มขึ้น	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ร้อยละที่เพิ่มขึ้น	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ร้อยละที่เพิ่มขึ้น
-	659,702.30	-	1,049,132.60	-	479,512.40	-
+ 5%	742,221.24	12.5%	1,181,683.44	12.6%	530,453.10	10.6%
+ 10%	852,920.70	29.3%	1,314,201.90	25.3%	596,583.10	24.4%

จากตารางที่ 5.11 แสดงผลการวิเคราะห์ความไว เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของจำนวนรถยนต์ที่ต้องการอพยพ ที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 และร้อยละ 10 โดยนำมาคำนวณในข้อเสนอทั้งสามทางเลือก จะพบว่า เมื่อจำนวนรถยนต์เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 และร้อยละ 10 แต่ระยะทางรวมในการอพยพที่เพิ่มขึ้นในแต่ละทางเลือก มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของระยะทางที่ไม่แตกต่างกัน และไม่ว่าจำนวนรถยนต์ที่ต้องการอพยพจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 หรือร้อยละ 10 ความจุในการรองรับรถยนต์ของจุดอพยพรถยนต์ของทางเลือกที่ 1 และ 3 สามารถที่จะรองรับจำนวนรถยนต์ที่เพิ่มขึ้นได้ และพบว่าทางเลือกที่ 3 มีระยะทางรวมในการอพยพรถยนต์ทั้งหมดสั้นที่สุด

บทที่ 6

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

6.1 การศึกษาการอพยพรถยนต์จากสภาพปัจจุบัน

- 1) ข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ประเมินการอพยพรถยนต์ในสถานการณ์ปัจจุบัน ประกอบด้วย
 - ข้อมูลประชากรและการแบ่งเขตพื้นที่ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ได้จากสำนักทะเบียนท้องถิ่นเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
 - การออกแบบแบบสอบถาม สำหรับลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูล เป็นการจัดทำแบบสอบถาม สำหรับลงพื้นที่เก็บข้อมูลในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ โดยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างตามวิธีของ ทาโร ยามาเน่
- 2) จำนวนรถยนต์ในพื้นที่กรณีศึกษา ที่ได้จากการคำนวณข้อมูลจากแบบสอบถาม โดยทำการเก็บข้อมูลจำนวนรถยนต์ทั้งหมดจากแบบสอบถามของแต่ละเขตพื้นที่ และหาอัตราส่วนจำนวนรถยนต์ต่อจำนวนครัวเรือน
- 3) ข้อมูลพื้นที่กรณีศึกษาที่ได้รับผลกระทบจากอุทกภัยในปี พ.ศ. 2553 ได้จากแบบสอบถามในการลงพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่ พบว่าพื้นที่ทั้ง 4 เขต ประสบปัญหาอุทกภัย โดยเฉพาะพื้นที่เขตที่ 4 ที่ประสบปัญหาอุทกภัย 100 เปอร์เซ็นต์
- 4) ข้อมูลความจำเป็นในการอพยพรถยนต์ไปยังพื้นที่ไม่ประสบอุทกภัย ได้จากแบบสอบถามในการลงพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่ สามารถแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ประเภท คือ จำเป็นอพยพรถยนต์ และไม่จำเป็นอพยพรถยนต์
- 5) ข้อมูลการอพยพรถยนต์ไปยังศูนย์บรรเทาภัยพิบัติ เมื่อประสบอุทกภัยใน ปี พ.ศ. 2553 ได้จากเทศบาลนครหาดใหญ่ โดยจุดอพยพรถยนต์ที่เปิดให้บริการภายในพื้นที่กรณีศึกษา เปิดให้บริการทั้งหมด 13 จุดจอด

6.2 การประเมินการอพยพรถยนต์ในสภาพปัจจุบัน

- 1) การประเมินปริมาณความต้องการในการอพยพรถยนต์ โดยแบ่งเป็นประเภทการอพยพรถยนต์ออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การอพยพรถยนต์ไปยังจุดอพยพรถยนต์ที่ทางเทศบาลนครหาดใหญ่เปิดให้บริการ 13 จุดจอด และ การอพยพรถยนต์ไปยังจุดอพยพรถยนต์อื่น ๆ
- 2) การประเมินความจุในการรองรับรถยนต์ของจุดอพยพรถยนต์
 - จุดอพยพรถยนต์ที่ทางเทศบาลนครหาดใหญ่เปิดให้บริการมีทั้งหมด 13 จุดจอด
 - การประเมินความจุในการรองรับรถยนต์ของสวนสาธารณะเทศบาลนครหาดใหญ่ ได้ข้อมูลพื้นที่ที่สามารถอพยพรถยนต์มาจอดได้จาก เทศบาลนครหาดใหญ่ ซึ่งสามารถรองรับรถยนต์ได้เป็นจำนวน 5,772 คัน
 - การประเมินความจุในการรองรับรถยนต์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งเก็บข้อมูลเป็น 2 ส่วน คือ (1) ทำการสอบถามข้อมูลพื้นที่จอดรถยนต์ส่วนกลางของ

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จากกองอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2) ทำการประเมินความจุในการรองรับรถยนต์จากพื้นที่จริง ของพื้นที่ที่ยังไม่มีในสำรวจของกองอาคารสถานที่ พบว่ามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สามารถรองรับรถยนต์ที่อพยพมาจากชุมชนต่าง ๆ ได้เป็นจำนวน 4,440 คัน

3) การประเมินการอพยพรถยนต์ไปยังจุดอพยพรถยนต์ที่เปิดให้บริการทั้งหมด 13 จุดจอด และจุดจอดอื่น ๆ

3.1) การประเมินการอพยพรถยนต์ไปยังจุดอพยพรถยนต์ที่เปิดให้บริการทั้งหมด 13 จุดจอด

การประเมินระยะทางรวมทั้งหมด ในการอพยพรถยนต์จากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ที่เปิดให้บริการทั้งหมด 13 จุดจอด โดยคำนวณร่วมกับข้อมูลที่ได้มาจากแบบสอบถามประชาชนในพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่ ได้ระยะทางรวมทั้งหมดเป็น 86,375.85 กิโลเมตร

3.2) การประเมินการอพยพรถยนต์ไปยังจุดอพยพรถยนต์อื่น ๆ

การที่ประชาชนอพยพรถยนต์ไปยังจุดอพยพรถยนต์อื่นๆ มีสาเหตุหลัก คือ ความปลอดภัย อันเนื่องมาจากการนำรถยนต์ไปจอดที่บ้านญาติ หรือบ้านเพื่อนที่ไม่ประสบปัญหาอุทกภัย จอดรถยนต์ใกล้ที่พักอาศัย เช่น บนสะพาน หรือบนถนนที่น้ำท่วมไม่ถึง จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลของพื้นที่กรณีศึกษาทั้ง 4 เขต สามารถแบ่งสถานที่อพยพรถยนต์ได้เป็น 31 จุดจอด และสามารถคำนวณระยะทางรวมทั้งหมดของการอพยพรถยนต์จากชุมชนต่าง ๆ ไปยังจุดอพยพรถยนต์ทั้ง 13 จุดจอด ได้เป็นระยะทาง 273,882.80 กิโลเมตร

3.3) การประเมินรถยนต์ที่ไม่มีจุดอพยพรถยนต์รองรับโดยใช้ค่าปรับระยะทาง

จากการประเมินในหัวข้อที่ 3.1 และ 3.2 พบว่ามีรถยนต์ที่ไม่มีจุดอพยพรถยนต์รองรับเป็นจำนวน 35,539 คัน นำมาคำนวณหาระยะทางรวมในการอพยพรถยนต์โดยใช้ค่าปรับระยะทางที่ 30 เมตร ได้ระยะทางรวมในการอพยพรถยนต์ทั้งหมด 1,066,170 กิโลเมตร

3.4) การประเมินระยะทางรวมทั้งหมดในการอพยพรถยนต์ของสภาพปัจจุบัน

จากการประเมินในหัวข้อที่ 3.1, 3.2 และ 3.3 จะได้ระยะทางรวมทั้งหมดในการอพยพรถยนต์ จากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ที่เปิดให้บริการ 13 จุดจอด จุดอพยพรถยนต์อื่น ๆ 31 จุดจอด และจุดอพยพรถยนต์ที่ใช้ค่าปรับระยะทางที่ 30 กิโลเมตร รวมได้ระยะทางทั้งหมดในการอพยพรถยนต์เป็น 1,426,428.65 กิโลเมตร

6.3 การพัฒนาแบบจำลองทางเลือกในการอพยพรถยนต์

1) การพัฒนาแบบจำลองการอพยพรถยนต์โดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ เป็นปัญหาการหาทำเลที่ตั้ง แบบมีข้อจำกัดด้านขีดความสามารถ Capacitated facility location problem (CFLP) ซึ่งประยุกต์ใช้ตัวแบบ CFLP โดยมีสมการเป้าหมายเป็นการหาระยะทางรวมที่น้อยที่สุดในการอพยพรถยนต์ไปยังจุดจอดรถยนต์ ซึ่งสมการเป้าหมาย และสมการข้อจำกัด ของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ถูกนำมาพัฒนาบนแผ่นคำนวณ

(Spreadsheet) ของไมโครซอฟท์ เอ็กซ์เซล (Microsoft Excel) และค้นหาคำตอบโดยใช้เครื่องมือพรีเมียม โซลเวอร์ แพลตฟอร์ม (Premium Solver Platform) ในการแก้ปัญหา

2) วิเคราะห์ผลโดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ CFLP และข้อเสนอทางเลือกปรับปรุง

การนำตัวแบบทางคณิตศาสตร์ CFLP มาช่วยในการวิเคราะห์ผล พร้อมทั้งข้อเสนอทางเลือกปรับปรุงต่าง ๆ เพื่อหาแบบจำลองการอพยพรถยนต์ที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งข้อเสนอทางเลือกปรับปรุง ประกอบไปด้วย

- ทางเลือกที่ 1: จุดอพยพรถยนต์จากสภาพปัจจุบัน 34 จุดจอด และหาจุดอพยพรถยนต์เพิ่มจากเส้นทางถนน 32 จุดจอด โดยพิจารณาถนน 2 และ 4 เลน มีระยะทางรวม 659,702.30 กิโลเมตร ลดลงจากตัวแบบสภาพปัจจุบันคิดเป็น 53.75%
- ทางเลือกที่ 2: การใช้จุดอพยพรถยนต์ของทางเลือกที่ 1 โดยพิจารณาเพียงถนน 4 เลน รวมจุดอพยพรถยนต์ 48 จุดจอด มีระยะทางรวม 1,049,132.60 กิโลเมตร ลดลงจากตัวแบบสภาพปัจจุบันคิดเป็น 26.45%
- ทางเลือกที่ 3: การหาจุดอพยพรถยนต์เพิ่ม จากจุดอพยพรถยนต์ของทางเลือกที่ 2 มีระยะทางรวม 479,512.40 กิโลเมตร ลดลงจากตัวแบบสภาพปัจจุบันคิดเป็น 66.38%

จากข้อเสนอทั้ง 3 ทางเลือก เมื่อเปรียบเทียบระยะทางการอพยพรถยนต์ทั้งหมด กับจุดอพยพรถยนต์ในสภาพปัจจุบัน พบว่าทางเลือกต่าง ๆ มีเปอร์เซ็นต์ของระยะทางการอพยพรถยนต์ที่ลดลง แต่ผลของทางเลือกที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์ของระยะทางการอพยพรถยนต์ที่ลดลงมากที่สุดคิดเป็น 66.38%

6.4 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)

เป็นการทวนสอบผลที่ได้จากการศึกษา โดยมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนของรถยนต์ที่ต้องการอพยพ ให้เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 และ 10 แล้วนำไปคำนวณในข้อเสนอทางเลือกทั้งสาม ส่งผลให้ทางเลือกที่ 1 และ 3 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในด้านความจุในการรองรับรถยนต์ที่ต้องการอพยพ และพบว่าทางเลือกที่ 3 มีระยะทางรวมในการอพยพรถยนต์ทั้งหมดสั้นที่สุด

6.5 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

1) ข้อมูลด้านประชากร เป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญที่มีผลต่อความถูกต้องแม่นยำ และความน่าเชื่อถือของการพัฒนาแบบจำลองการอพยพรถยนต์ปัจจุบัน ซึ่งข้อมูลด้านประชากรในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ เป็นข้อมูลสำมะโนประชากรที่รวบรวมจากสำนักทะเบียนท้องถิ่นเทศบาลนครหาดใหญ่เท่านั้น ยังไม่ครอบคลุมประชากรแฝง

2) ข้อมูลด้านการแบ่งเขตพื้นที่ของชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ในเทศบาลนครหาดใหญ่ ผู้วิจัยได้ขอข้อมูลของจำนวนชุมชน และพื้นที่ของชุมชนทั้งหมด พร้อมทั้งแผนที่แสดงอาณาเขตของทุกชุมชน จากสำนักทะเบียนท้องถิ่นเทศบาลนครหาดใหญ่ แล้วนำมาสร้างแผนที่ของชุมชนทั้งหมด

และจุดอพยพรถยนต์ต่าง ๆ บนแผนที่ของฉันทันบนกูเกิ้ล (Google My Maps) เพื่อหาระยะทางในการอพยพรถยนต์ ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อความถูกต้องแม่นยำในการคำนวณ

3) การประเมินจุดอพยพรถยนต์ที่ต้องประเมินโดยใช้พื้นที่ของจุดอพยพรถยนต์ หรือบนถนนที่ใช้สำหรับเป็นจุดอพยพรถยนต์ เมื่อจุดอพยพรถยนต์เป็นทางยาว จะทำการกำหนดระยะห่างของรถยนต์แต่ละคันที่ทำการอพยพมาจอด เป็นระยะ 4 เมตร ถือว่าค่อนข้างชิดกันมาก เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านพื้นที่เมื่อเกิดเหตุการณ์อุทกภัย เพื่อให้การอพยพรถยนต์จากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ต่าง ๆ นั้นใกล้เคียงความเป็นจริงที่สุด

4) การหาจุดอพยพรถยนต์เพิ่มเติม สำหรับหลาย ๆ ทางเลือกที่ไม่เพียงพอ ไม่ได้คำนึงถึงความปลอดภัยในการอพยพรถยนต์มาจอดในจุดอพยพรถยนต์ต่าง ๆ ถ้ามีการนำงานวิจัยนี้ไปพัฒนาต่อ ควรพิจารณาในด้านการให้การรักษาความปลอดภัยของจุดอพยพรถยนต์ด้วย

บรรณานุกรม

- กรมชลประทาน, สำนักพัฒนาแหล่งน้ำขนาดใหญ่, สำนักงานก่อสร้างชลประทานขนาดใหญ่ที่11 (<http://kromchol.rid.go.th/lproject/lsp11/2014/index.php/example-pages/29-hadyai>) ทำการสืบค้นเมื่อวันที่ 27 กรกฎาคม 2558
- จันทร์ศิริ สิงห์เถื่อน. (2554). การเลือกตำแหน่งที่ตั้งสถานที่ให้บริการด้วยวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด. วิศวกรรมสาร มก. 24, 78(2554): 107-122
- เทศบาลนครหาดใหญ่. (2559). ตารางแสดงจำนวนประชากรแยกตามชุมชน
- บุญญา สุทธิจันทร์. (2557). การจัดเส้นทางเดินรถขนส่งในการอพยพเมื่อเกิดอุทกภัย โดยการพิจารณาประเภทของผู้ประสบภัย. วิทยานิพนธ์อุตสาหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- แผนที่เขตเทศบาลนครหาดใหญ่, เทศบาลนครหาดใหญ่ (ออนไลน์). สืบค้นจาก : <http://www.hatyaicity.go.th/news/detail/1144>, ทำการสืบค้นเมื่อวันที่ 13 พฤศจิกายน 2558
- รับมือน้ำท่วมกรณีศึกษาจากหาดใหญ่, นิตยสารผู้จัดการ, <http://info.gotomanager.com/news/printnews.aspx?id=93521>, ทำการสืบค้นเมื่อวันที่ 13 กรกฎาคม 2558
- ศนิवार ศรีอุทา. (2555). การจัดเตรียมเส้นทางในการอพยพสำหรับพื้นที่เกิดอุทกภัยในประเทศไทย: กรณีศึกษา บ้านลำเบ็ด ตำบลตำนาน อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2555, 17-19 ตุลาคม 2555 ชะอำ เพชรบุรี
- ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคใต้ สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน, <http://hydro-8.com/main/day/basinutapow.html>, ทำการสืบค้นเมื่อวันที่ 13 กรกฎาคม 2558
- สุขภาพคนไทย. 2556. ประเทศไทยในสถานการณ์ภัยพิบัติ (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.hiso.or.th/hiso/picture/reportHealth/ThaiHealth2013/thai2013_15.pdf [27 กรกฎาคม 2558]
- สถิติจำนวนรถจดทะเบียนใหม่ตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์, สำนักงานขนส่งจังหวัดสงขลา กรมการขนส่งทางบก กระทรวงคมนาคม (ออนไลน์). สืบค้นจาก (<http://songkhla.dlt.go.th/2015/index.php>) ทำการสืบค้นเมื่อวันที่ 26 ตุลาคม 2559
- สรุปลักษณะอากาศรายปี, กรมอุตุนิยมวิทยา <http://www.tmd.go.th/climate/climate.php?FileID=5> ทำการสืบค้นเมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2558
- ศักดิ์ชัย ปรีชาวีรกุล และคณะ. (2556). การพัฒนาแผนที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมเทศบาลนครหาดใหญ่, <http://slbkb.psu.ac.th/xmlui/handle/2558/1885?locale-attribute=en> ทำการสืบค้นเมื่อวันที่ 12 ธันวาคม 2560
- อาสาตุลิต, ความรู้เรื่องภัยพิบัติ, <http://www.arsadusit.com/1683> ทำการสืบค้นเมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2558

- Bretschneider, S. and Kimms, A. 2011, "Pattern-based evacuation planning for urban areas." *European Journal of Operational Research*. 216 (2012): 57–69
- Ganeshan S. and Diamond W. (2009), "Forecasting the numbers of people affected annually by natural disasters up to 2015." *Research Report*, Oxfam, Oxford, UK.
- Ghaderi. A. 2014, "Heuristic Algorithms for Solving an Integrated Dynamic Center Facility Location - Network Design Model." *Netw Spat Econ*. 15 (2015): 43–69
- Li. Anna C.Y., Nozick. L., Xu. N. and Davidson R. 2011, "Shelter location and transportation planning under hurricane conditions." *Transportation Research Part E*. 48 (2012): 715–729
- Lim, Gino J., Zangeneh, S., Reza Baharnemati, M. and Assavapokee, T. 2012, "A capacitated network flow optimization approach for short notice evacuation planning." *European Journal of Operational Research*. 223 (2012): 234–245
- Sherali H. D., Carter T. B. and Hobeika A. G. 1991, "A Location-Allocation Model and Algorithm for Evacuation Planning under Hurricane/Flood Conditions." *Transportation Research Part B*, Vol. 25, No. 6: 439-452.
- PreventionWeb, serving the information needs of the disaster reduction community (<http://www.preventionweb.net/english/hazards/statistics/risk.php?hid=62>) ทำการสืบค้นเมื่อวันที่ 26 กรกฎาคม

ภาคผนวก ก

ข้อมูลชุมชนและประชากรในพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลชุมชนและประชากรในพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่

พื้นที่ ศึกษา	ชุมชน (i)	ชื่อชุมชน	พื้นที่ (km ²)	ชาย (คน)	หญิง (คน)	จำนวน ประชากร (คน)	จำนวน ครัว เรือน (หลัง)	ขนาด กลุ่ม ตัวอย่าง (หลัง)
เขต 1	i1	หน้าสวนสาธารณะ	0.64	634	756	1390	552	3
	i2	ทักษิณเมืองทอง	0.18	277	390	667	374	2
	i3	สุภาพอ่อนหวาน	0.16	494	543	1037	410	3
	i4	หน้าค่ายเสนาณรงค์	0.234	1110	1287	2397	759	5
	i5	ภาสว่าง	0.13	379	481	860	814	5
	i6	อู่ ท.ส.	0.08	207	255	462	525	3
	i7	พรแม่สอน	0.2	725	879	1604	846	5
	i8	กอบกาญจน์ศึกษา	0.21	865	937	1802	684	4
	i9	แม่ลิเตา	0.28	1019	1233	2252	725	4
	i10	คลองเตย	0.25	597	695	1292	555	3
	i11	โรงปูน	0.02	261	325	586	168	1
	i12	อนุสรณ์อาจารย์ทอง	0.12	371	457	828	368	2
	i13	สามัคคี	0.16	473	550	1023	431	3
	i14	หน้าโรงพยาบาลศิครินทร์	0.15	766	856	1622	550	3
	i15	เกาะเสือ	0.175	984	1157	2141	726	4
	i16	หลังสนามกีฬากลาง	0.17	1184	1370	2554	904	6
	i17	หลังโรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย	0.10	308	369	677	293	2
	i18	ศรีนิล	0.12	583	558	1141	338	2
	i19	หมัดยาเม้าะ	0.135	681	774	1455	448	3
	i20	ป้อม 6	0.153	787	795	1582	585	4
	i21	หน้าสนามกีฬากลาง	0.121	477	514	991	361	2
	i22	โรงเรียนชาตรี	0.12	735	760	1495	403	2

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลชุมชนและประชากรในพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่ (ต่อ)

พื้นที่ ศึกษา	ชุมชน (i)	ชื่อชุมชน	พื้นที่ (km2)	ชาย (คน)	หญิง (คน)	จำนวน ประชากร (คน)	จำนวน ครัว เรือน (หลัง)	ขนาด กลุ่ม ตัวอย่าง (หลัง)
	i23	ศิครินทร์	0.166	803	924	1727	571	3
	i24	รัถการ	0.177	696	786	1482	510	3
	i25	ริมทางรถไฟ	0.166	453	448	901	250	2
	i26	มุสลิม	0.03	490	515	1005	290	2
	i27	หอนาฬิกา	0.07	533	642	1175	578	4
	i28	ตลาดคอมแพล็กซ์	0.05	531	645	1176	605	4
เขต 2	i29	บ้านพักรถไฟ	0.10	469	462	931	570	3
	i30	ศาลเจ้าพ่อเสือ	0.08	318	347	665	421	3
	i31	ตลาดใหม่	0.18	880	1050	1930	1268	8
	i32	กิมหยงสันติสุข	0.11	962	1096	2058	988	6
	i33	พระเสนหา	0.12	573	626	1199	702	4
	i34	ป้อม 4	0.07	432	551	983	484	3
	i35	แสงศรี	0.04	558	636	1194	512	3
	i36	สวนศิริ	0.05	404	477	881	358	2
	i37	จิระนคร	0.24	657	798	1455	652	4
	i38	ท่งเขียเขียงตั้ง	0.12	1119	1241	2360	1014	6
	i39	ประชาธิปไตย	0.10	536	577	1113	609	4
	i40	สามชัย	0.11	633	764	1397	720	4
	i41	หน้าโรงเรียนญว.	0.08	432	554	986	713	4
	i42	ชุมอุทิศ	0.09	328	405	733	343	2
	i43	โรงพยาบาลกรุงเทพ	0.12	617	807	1424	706	4
	i44	บ้านจำ	0.1	645	840	1485	539	3

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลชุมชนและประชากรในพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่ (ต่อ)

พื้นที่ ศึกษา	ชุมชน (i)	ชื่อชุมชน	พื้นที่ (km ²)	ชาย (คน)	หญิง (คน)	จำนวน ประชากร (คน)	จำนวน ครัว เรือน (หลัง)	ขนาด กลุ่ม ตัวอย่าง (หลัง)
	i45	ตรุณศึกษา	0.21	725	912	1637	983	6
	i46	กลางนา	0.19	1032	1241	2273	855	5
	i47	หน้าโรงเรียนโสตศึกษา	0.50	946	1078	2024	922	6
	i48	หัวนาหัก	0.39	670	796	1466	1092	7
	i49	ซีกิมหยง	0.16	352	430	782	383	2
	i50	ละม้ายสงเคราะห์	0.22	575	731	1306	586	4
	i51	คลองเรียน	0.22	960	1195	2155	1419	9
	i52	บ้านร่มเย็น	0.16	877	1094	1971	751	5
	i53	ทุ่งคลองเรียน	0.16	358	374	732	267	2
	i54	ตลาดคลองเรียน	0.21	399	435	834	457	3
	i55	มอ.-คลองเรียน ๑	0.20	89	142	231	118	1
เขต 3	i56	ริมควน	0.28	1368	1599	2967	1359	8
	i57	คลองระบายน้ำที่ 1	0.25	1032	1188	2220	869	5
	i58	เทศาพัฒนา	0.15	656	762	1418	553	3
	i59	ตลาดพ่อพรหม	0.15	826	920	1746	479	3
	i60	ศาลาลุงทอง	0.15	643	701	1344	513	3
	i61	หลังที่ว่าการอำเภอ	0.15	576	629	1205	252	2
	i62	บ้านหาดใหญ่	0.19	583	674	1257	643	4
	i63	ท่าเคียน	0.22	367	465	832	477	3
	i64	ดีแลนด์-ไทยเจริญ	0.16	640	786	1426	523	3
	i65	ปลักกริม	0.22	596	661	1257	595	4
	i66	จันทร์ประทีป	0.16	332	379	711	209	1

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลชุมชนและประชากรในพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่ (ต่อ)

พื้นที่ ศึกษา	ชุมชน (i)	ชื่อชุมชน	พื้นที่ (km2)	ชาย (คน)	หญิง (คน)	จำนวน ประชากร (คน)	จำนวน ครัว เรือน (หลัง)	ขนาด กลุ่ม ตัวอย่าง (หลัง)
	i67	จันทร์วิโรจน์	0.15	559	716	1275	465	3
	i68	รัตนวิบูลย์	0.16	540	676	1216	420	3
	i69	จันทร์นิเวศน์	0.19	943	1198	2141	982	6
	i70	ทุ่งเสา	0.21	1446	1759	3205	1532	9
	i71	อู่ญี่ปุ่น	0.18	942	1134	2076	1056	6
	i72	ชนสง	0.25	772	865	1637	926	6
	i73	หน้าวัดคลองเรียน	0.20	466	536	1002	1527	9
	i74	สามแยกคลองเรียน	0.16	268	288	556	268	2
	i75	ผาสุก-เคียงดาว	0.19	675	812	1487	652	4
	i76	ไทยโฮเต็ล	0.20	534	717	1251	645	4
	i77	หน้าสถานีรถไฟ	0.17	582	671	1253	1099	7
	i78	หลังโรงพัก	0.14	709	812	1521	588	4
	i79	หลังอู่รถไฟ	0.14	356	377	733	296	2
	i80	ประชากรราษฎร์อุทิศ	0.16	430	535	965	396	2
	i81	แฟลตเคหะใหม่	0.13	529	653	1182	367	2
	i82	แฟลตการเคหะเก่า	0.14	264	356	620	338	2
เขต 4	i83	ท่าไทร	0.25	579	650	1229	416	3
	i84	สถานีอู่ตะเภา	0.05	93	102	195	72	1
	i85	ตันโต	0.16	1025	1259	2284	751	5
	i86	หน้าโรงเหล้าสรรพสามิตร	0.28	491	534	1025	454	3
	i87	สัจกุล	0.21	966	1179	2145	879	5
	i88	รัชมังคลาภิเษก	0.15	826	901	1727	509	3

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลชุมชนและประชากรในพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่ (ต่อ)

พื้นที่ ศึกษา	ชุมชน (i)	ชื่อชุมชน	พื้นที่ (km ²)	ชาย (คน)	หญิง (คน)	จำนวน ประชากร (คน)	จำนวน ครัว เรือน (หลัง)	ขนาด กลุ่ม ตัวอย่าง (หลัง)
	i89	บ้านฉาง	0.15	1121	1356	2477	947	6
	i90	สามทหาร	0.18	492	564	1056	288	2
	i91	บางหัก	0.22	849	948	1797	739	5
	i92	เกาะเลียบ	0.21	1469	1775	3244	1183	7
	i93	รัตนอุทิศ	0.13	1094	1197	2291	653	4
	i94	สถานี 2	0.17	1471	1621	3092	788	5
	i95	มงคลहरราช	0.17	963	1190	2153	1289	8
	i96	บ้านกลาง	0.15	328	443	771	282	2
	i97	โชคสมาน	0.15	1549	1742	3291	1032	6
	i98	หน้าอำเภอ	0.19	608	735	1343	497	3
	i99	ราษฎร์อุทิศ	0.17	858	1074	1932	1103	7
	i100	วัดโคกสมานคุณ	0.21	928	1008	1936	679	4
	i101	วัดหาดใหญ่ใน	0.25	1191	1204	2395	750	5
	i102	สถานีขนส่งหาดใหญ่ใน	0.28	136	180	316	182	1
	i103	หัวพานรถไฟ	0.19	246	316	562	197	1

ที่มา: สำนักทะเบียนท้องถิ่นเทศบาลนครหาดใหญ่ (2559)

ภาคผนวก ข
แบบสอบถามประชาชนภายในพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่

แบบสอบถามเลขที่.....



แบบสอบถามประชาชนภายในพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่
การวิจัยโครงการ “การวางแผนอพยพรถยนต์เมื่อเกิดอุทกภัย กรณีศึกษาในเมือง
หาดใหญ่”

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัย “การวางแผนอพยพรถยนต์เมื่อเกิดอุทกภัย กรณีศึกษาในเมืองหาดใหญ่” จุดประสงค์เพื่อศึกษาการวางแผนอพยพรถยนต์เมื่อเกิดอุทกภัย ภายในพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับอพยพรถยนต์ เมื่อเกิดเหตุการณ์อุทกภัยจริง ซึ่งแผนการอพยพรถยนต์ที่ทำการศึกษาคือจะเป็นข้อมูลเบื้องต้นให้แก่ประชาชนในการอพยพรถยนต์ได้ทันเวลาก่อนที่น้ำจะท่วม และลดความเสียหายทางด้านทรัพย์สินของประชาชน

วันที่สอบถาม.....ชื่อผู้ตอบ

แบบสอบถาม.....

ชื่อหมู่บ้าน..... หมู่ที่..... ตำบล.....อำเภอ.....

จังหวัด..... โทร.....

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. เพศ

 ชาย หญิง

2. อายุปี

3. จำนวนคนในครัวเรือน.....คน

4. จำนวนรถยนต์ต่อครัวเรือน

- รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน (เช่น รถเก๋ง, รถกระบะ 4 ประตู)คัน
- รถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกิน 7 คน มีจำนวนที่นั่งไม่เกิน 15 ที่นั่ง (เช่น รถตู้ , รถแวน) คัน
- รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล ที่มีน้ำหนักรถไม่เกิน 1,600 กิโลกรัม (เช่น รถกระบะ) คัน
- รถจักรยานยนต์นั่งส่วนบุคคลคัน
- อื่นๆ (โปรดระบุ) ชนิดรถยนต์ จำนวนคัน

ตอนที่ 2 ข้อมูลในการอพยพรถยนต์ เมื่อประสบปัญหาอุทกภัย

1. อุทกภัย

1.1 ชุมชนที่ท่านพักอาศัยประสบปัญหาอุทกภัยหรือไม่

 ประสบปัญหา ไม่ประสบปัญหา

1.2 ท่านมีความจำเป็นต้องอพยพรถยนต์หรือไม่

 จำเป็น ไม่จำเป็น

2. อพยพรถยนต์

2.1 เมื่อเกิดอุทกภัยท่านอพยพรถยนต์ไปสถานที่ใด (ทำการจัดลำดับไม่เกิน 3 อันดับ)

- | | |
|-------------------------------------|---|
| (.....) สวนสาธารณะเทศบาลนครหาดใหญ่ | (.....) ศูนย์การค้าไดอาน่า |
| (.....) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ | (.....) เทสโก้โลตัส หาดใหญ่ใน |
| (.....) เทสโก้โลตัส หาดใหญ่ 1 | (.....) ศูนย์เครื่องจักรกลเทศบาลนครหาดใหญ่ |
| (.....) ศูนย์วิจัยยางสงขลา | (.....) ศูนย์ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยเขต12 |
| (.....) ศูนย์การค้าโรบินสัน หาดใหญ่ | (.....) กองบิน 56 |
| (.....) โรงแรมहरรรษา เจ บี หาดใหญ่ | (.....) โรงเรียนหาดใหญ่รัฐประชาสรรค์ |
| (.....) สถานีขนส่ง | (.....) อื่นๆ (โปรดระบุ)..... |

2.2 (จากข้อ 2.1) เพราะเหตุใดท่านจึงเลือกอพยพรถยนต์ไปยังสถานที่นั้น

เหตุผลลำดับที่ 1

.....

.....

เหตุผลลำดับที่ 2

.....

.....

เหตุผลลำดับที่ 3

.....

.....

3. เหตุการณ์อุทกภัยที่ผ่านมา (พ.ศ.2554)

3.1 เส้นทางในการอพยพรถยนต์

- ท่านอพยพรถยนต์ไปยังสถานที่ใด

.....
- ท่านใช้เส้นทางใดในการอพยพรถยนต์ จากชุมชนมายังศูนย์บรรเทาภัยพิบัติสำหรับอพยพรถยนต์ (โปรดอธิบายพอสังเขป)

.....

.....
- แผนที่ในการอพยพรถยนต์พอสังเขป

- ระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพจากชุมชนมายังศูนย์บรรเทาภัยพิบัติสำหรับอพยพพรณต์นาที่

4. เมื่อเกิดปัญหาอุทกภัยในครั้งถัดไป

4.1 เส้นทางในการอพยพพรณต์

- ท่านอพยพพรณต์ไปยังสถานที่ใด

.....

- ท่านใช้เส้นทางใดในการอพยพพรณต์ จากชุมชนมายังศูนย์บรรเทาภัยพิบัติสำหรับอพยพพรณต์
(โปรดอธิบายพอสังเขป)

.....

.....

.....

- แผนที่ในการอพยพพรณต์พอสังเขป

- ระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพจากชุมชนมายังศูนย์บรรเทาภัยพิบัติสำหรับอพยพพลเรือนต์นาที่

5. ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นมีอะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

6. ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ขอบคุณเป็นอย่างยิ่ง

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ภาคผนวก ค

ตารางเมตริกซ์ของระยะทางระหว่างชุมชนกับจุดจอดรถยนต์ที่เทศบาลนครหาดใหญ่เปิด
ให้บริการ 13 จุดจอด

ตารางที่ ค.1 ตารางเมตริกซ์ของระยะทางระหว่างชุมชนกับจุดจอตrolleyนต์ที่เทศบาลนครหาดใหญ่เปิดให้บริการ 13 จุดจอด

จุดอพยพ รถยนต์ ชุมชน	<i>j</i> 1	<i>j</i> 2	<i>j</i> 3	<i>j</i> 4	<i>j</i> 5	<i>j</i> 6	<i>j</i> 7	<i>j</i> 8	<i>j</i> 9	<i>j</i> 10	<i>j</i> 11	<i>j</i> 12	<i>j</i> 13
<i>i</i> 1	0.8	5.8	3.7	7.7	6.6	8.6	7.3	11.5	16.4	16.2	23.7	10.6	19.3
<i>i</i> 2	1.2	4.8	2.7	6.9	5.6	7	6.3	10.6	17.4	17.3	19.7	9.7	18.2
<i>i</i> 3	1.9	4.6	2.5	6.4	5.1	7	6.2	10.1	17.5	17.4	22.8	9.3	18.1
<i>i</i> 4	2.6	3.1	1.2	5	3.7	5.5	4.8	8.7	15.9	15.7	18.1	7.8	17.7
<i>i</i> 5	3.9	3.3	1.4	4.2	3	4.9	4.1	7.9	12.9	12.7	18.3	7.1	13.6
<i>i</i> 6	4.2	3.2	1.6	3.3	2	3.9	3.1	7	11.9	11.7	17.2	6.1	12.6
<i>i</i> 7	4.8	3.7	2.3	3.1	1.8	3.7	2.9	6.8	11.7	11.6	17	5.9	12.4
<i>i</i> 8	5.2	4	2.7	3.1	1.5	3.8	3.1	6.8	11.7	11.6	17	5.9	12.5
<i>i</i> 9	4.4	5.3	3.3	3.4	2.5	4.8	4	7.1	12	11.9	17.3	6.2	12.7
<i>i</i> 10	4.8	5.7	4	3.8	2.9	5.7	4.7	7.5	12.4	12.3	17.7	6.6	13.1
<i>i</i> 11	5.1	5.6	4.2	3.5	2.8	5.6	4.8	7.4	13.2	13	18.4	6.5	13.9
<i>i</i> 12	4.6	5.5	3.8	3.6	2.8	5.5	4.7	7.3	12.3	12.1	17.5	6.4	13
<i>i</i> 13	5.6	5.4	4.1	3.1	2.7	5.4	4.6	6.9	12.8	12.7	18.1	6	13.5
<i>i</i> 14	6.2	5.4	4	2.6	2.1	5	4.5	6.3	12.3	12.1	17.5	5.4	13
<i>i</i> 15	5.5	4.9	3.6	2.9	2.1	4.9	4.1	6.6	11.5	11.4	16.8	5.7	12.2
<i>i</i> 16	5.6	4.9	3.5	2.2	1.6	4.5	3.8	5.9	10.9	10.7	16.1	5.1	11.6
<i>i</i> 17	5.6	4.2	3	2.4	1.6	4.1	3.3	6.1	11	10.9	16.3	5.2	11.7
<i>i</i> 18	5.8	4.4	3.2	1.7	1.2	4.3	3.5	5.4	10.3	10.2	15.6	4.5	11
<i>i</i> 19	6.2	5	3.6	1.7	1.2	4.1	3.7	5.4	10.3	10.2	15.6	4.5	11
<i>i</i> 20	6.6	4.8	4.1	1.8	1.7	4.2	3.5	5.9	10.8	10.7	16.1	5	11.6
<i>i</i> 21	6.3	5.2	4	2.1	1.6	4.5	4.1	5.8	10.7	10.6	16	4.9	11.4
<i>i</i> 22	6.8	5.8	4.4	2.5	2	4.9	4.6	6.2	11.7	11.6	17	5.3	12.4
<i>i</i> 23	6.8	5.8	4.5	2.5	2	5	4.3	6.3	12.2	12.1	17.5	5.4	12.9
<i>i</i> 24	6.2	5.9	4.5	2.9	2.4	5.3	5.1	6.6	12.5	12.4	17.8	5.7	13.2
<i>i</i> 25	6.6	6.1	4.7	2.4	2.3	4.9	4.5	7.1	12	11.8	17.2	5.6	12.7
<i>i</i> 26	6.1	4.9	3.5	1.6	1.1	4.1	3.7	5.3	10.2	10.1	15.5	4.4	11
<i>i</i> 27	6.5	4.2	4	1.1	1.5	3.5	2.8	5.3	10.2	10	15.4	4.3	10.9
<i>i</i> 28	6.6	3.9	4.1	0.8	1.5	3.2	2.5	5	9.9	9.7	15.1	4	10.6

ตารางที่ ค.1 ตารางเมตริกซ์ของระยะทางระหว่างชุมชนกับจุดจอตrolleyนต์ที่เทศบาลนครหาดใหญ่เปิดให้บริการ 13 จุดจอต (ต่อ)

จุดอพยพ ชุมชน รถยนต์	<i>j</i> 1	<i>j</i> 2	<i>j</i> 3	<i>j</i> 4	<i>j</i> 5	<i>j</i> 6	<i>j</i> 7	<i>j</i> 8	<i>j</i> 9	<i>j</i> 10	<i>j</i> 11	<i>j</i> 12	<i>j</i> 13
<i>i</i> 29	7.4	4.1	4.9	0.3	2.2	2.9	2.1	5.1	10	9.8	15.2	4.1	10.7
<i>i</i> 30	7.4	4.1	4.9	1	2.2	2.3	1.6	5.1	9.7	9.5	14.9	4.2	10.7
<i>i</i> 31	7.2	3.7	4.9	1.5	2.5	1.7	1	5.3	9.9	9.7	15.1	4.4	10.9
<i>i</i> 32	6.8	3.7	4.3	0.8	1.6	3	2.3	4.5	9.4	9.2	14.6	3.5	10.1
<i>i</i> 33	7.1	3.8	4.6	0.7	1.9	2.6	1.8	4.7	9.7	9.5	14.9	3.8	10.4
<i>i</i> 34	6.5	3.3	4	0.9	1.1	2.4	1.6	4.9	9.9	9.7	15.1	4	10.6
<i>i</i> 35	6.5	3.4	4	1.2	1	3.3	2.2	5	9.9	9.8	15.2	4.1	10.7
<i>i</i> 36	6.6	3.7	4	1.1	1.2	3.6	2.7	4.8	9.8	9.6	15	3.9	10.5
<i>i</i> 37	5.8	3.2	3.3	1.8	0.01	3.1	2.3	5.5	10.4	10.3	15.7	4.6	11.1
<i>i</i> 38	6.1	2.8	3.6	1.3	0.7	2.7	1.9	5.3	10.3	10.1	15.5	4.4	11
<i>i</i> 39	5.9	2.6	3.4	1.5	1	2.1	1.3	5.6	10.5	10.4	15.8	4.7	11.2
<i>i</i> 40	5.4	2.8	2.9	2.1	0.6	3.6	2	6.1	11	10.9	16.4	5.2	11.7
<i>i</i> 41	5.7	3.3	3.2	2.2	0.9	3.3	2.5	5.9	10.8	10.7	16.1	5	11.5
<i>i</i> 42	5	3.4	2.5	2.6	1	3.4	2.5	6.4	11.3	11.2	16.6	5.5	12
<i>i</i> 43	4.3	2.9	1.8	3.3	2	3.6	2.8	7	11.9	11.8	17.2	6.1	12.7
<i>i</i> 44	5	2.6	3	2.8	2	3.2	2.4	6.9	11.8	11.8	17.2	6	13.1
<i>i</i> 45	4.8	1.9	2.8	3	2.2	3.4	2.6	7.1	12.2	12	16.9	6.4	16.5
<i>i</i> 46	4.4	2.4	2.4	3.6	2.6	4	3.2	7.6	12.5	12.4	17.7	6.7	13.2
<i>i</i> 47	3.4	3.3	1.4	4.7	3.6	5.1	4.3	8.6	13.5	13.4	18.8	7.7	14.3
<i>i</i> 48	5	1.7	3	2.8	2	2.9	2.1	6.9	11.7	12.1	17	6	12.5
<i>i</i> 49	7.1	3.8	4.7	1.3	2.1	1.9	1.1	5.3	9.8	9.6	15	4.4	11
<i>i</i> 50	6.5	3.2	4.1	1.8	2.1	2.3	1.5	5.9	10.3	10.2	15.6	5	11.5
<i>i</i> 51	6.3	2.9	4.2	2.7	2.5	1.7	0.9	6.4	10.5	10.3	15.7	5.5	12.1
<i>i</i> 52	5.4	2.2	3.4	2.6	2.4	2	1.3	6.7	10.8	10.7	16.1	5.8	12.3
<i>i</i> 53	6.1	2.8	4	3.1	2.8	2.1	1.4	6.9	10.9	10.8	16.2	6	12.8
<i>i</i> 54	5.1	1.8	3.1	2.8	2.4	2.4	1.7	6.9	11.6	11.5	16.9	6	12.6
<i>i</i> 55	5.4	0.9	3.4	3.9	3.7	2.8	2	7.5	11.6	11.4	16.8	6.6	13.6
<i>i</i> 56	11.5	8.5	8.9	5.4	6.4	6.3	5.6	2	5.4	5.3	10.7	3.5	6.2

ตารางที่ ค.1 ตารางเมตริกซ์ของระยะทางระหว่างชุมชนกับจุดจอตrolleyนต์ที่เทศบาลนครหาดใหญ่เปิดให้บริการ 13 จุดจอต (ต่อ)

จุดอพยพ รถยนต์ ชุมชน	<i>j</i> 1	<i>j</i> 2	<i>j</i> 3	<i>j</i> 4	<i>j</i> 5	<i>j</i> 6	<i>j</i> 7	<i>j</i> 8	<i>j</i> 9	<i>j</i> 10	<i>j</i> 11	<i>j</i> 12	<i>j</i> 13
<i>i</i> 57	9.7	7.3	7.2	3.6	4.6	5.1	4.4	1.8	6.8	6.6	12.5	1	7.5
<i>i</i> 58	9	6.6	6.5	3	3.9	4.4	3.7	2.2	7.2	7	12.4	1.3	7.9
<i>i</i> 59	8.8	6.4	6.2	2.7	3.7	4.2	3.5	2.5	7.4	7.3	12.7	1.6	8.1
<i>i</i> 60	9	6.4	6.5	2.9	3.9	4.1	3.5	2.7	7.8	7.6	13	2	8.5
<i>i</i> 61	8.4	5.9	5.8	2.3	3.2	3.7	3	3	8	7.8	13.2	3.9	8.7
<i>i</i> 62	8.3	5.4	5.8	2.3	3.3	3.2	2.5	3.3	8.3	8.1	13.5	2.4	9
<i>i</i> 63	8.8	5.5	6.6	2.8	4.4	3.3	2.6	4.5	8.5	8.4	13.8	3.6	10.1
<i>i</i> 64	9	6.3	6.4	2.9	3.9	4.1	3.4	4.4	8.5	8.4	13.8	3.6	10.2
<i>i</i> 65	9.2	5.9	7	3.2	4.8	3.7	3	4.8	8.9	8.7	14.2	3.9	10.5
<i>i</i> 66	8.3	5	6.2	2.5	3.7	2	2.1	5.8	9.8	9.7	14.7	4.9	11.5
<i>i</i> 67	8.2	4.9	6	2.3	3.6	1.8	2	5.6	9.7	9.5	14.4	4.7	11.3
<i>i</i> 68	7.5	4.2	5.4	1.7	3	1.8	1.3	4.9	9	8.8	14.2	4	10.6
<i>i</i> 69	7.8	4.5	5.6	2	3.2	1.1	1.6	5.4	9.4	9.3	14.3	4.5	11
<i>i</i> 70	7.5	4.2	5.5	1.8	3.5	0.8	1.4	5.8	9.8	9.7	15.1	4.9	11.4
<i>i</i> 71	7	3.7	4.9	2.9	3.1	0.8	1	6.3	10.4	10.2	15.7	5.5	12
<i>i</i> 72	6.7	3.4	4.7	3.4	3.7	0.6	1.6	6.8	10.8	10.7	16.1	5.9	12.5
<i>i</i> 73	6.3	3	4.3	3	3.1	1.7	1	6.4	10.5	10.4	15.6	5.6	12.1
<i>i</i> 74	6.1	2	4.1	3.6	3.4	2.2	1.5	7	11	10.9	14.9	6.1	14.4
<i>i</i> 75	7.5	4.2	5.4	4.2	4.8	1.9	2.6	7.6	11.7	11.5	14	6.7	13.5
<i>i</i> 76	8.3	5.4	5.7	2.2	3.2	3.2	2.5	3.6	8.4	8.3	13.7	2.8	9.4
<i>i</i> 77	8.1	5.7	5.5	2	2.9	3.5	2.8	3.7	8.6	8.4	13.8	2.8	9.3
<i>i</i> 78	7.6	4.6	5.1	1.6	2.5	3.8	3.1	4	9	8.8	14.2	3.1	9.7
<i>i</i> 79	8	5.4	5.5	2	2.9	3.2	2.5	3.7	8.8	8.6	14.1	2.9	9.5
<i>i</i> 80	8.2	5	5.8	2.3	3.3	2.7	2.1	3.9	8.5	8.4	13.8	3.1	9.6
<i>i</i> 81	8.5	5.3	6	2.4	3.4	3.1	2.4	4	8.9	8.7	14.1	3.2	9.8
<i>i</i> 82	8.6	5.3	2.9	4	3.2	4	3	8.1	12.8	12.6	16.6	7.2	13.7
<i>i</i> 83	8.5	7.1	6.4	4	4	6	5.3	5.9	10.8	10.6	16	5	11.5
<i>i</i> 84	8.2	7.5	6.2	3.8	3.7	5.8	5.1	5.6	10.6	10.4	15.8	4.7	11.3

ตารางที่ ค.1 ตารางเมตริกซ์ของระยะทางระหว่างชุมชนกับจุดจอตrolleyนต์ที่เทศบาลนครหาดใหญ่เปิดให้บริการ 13 จุดจอต (ต่อ)

จุดอพยพ รถยนต์ ชุมชน	$j1$	$j2$	$j3$	$j4$	$j5$	$j6$	$j7$	$j8$	$j9$	$j10$	$j11$	$j12$	$j13$
$i85$	8.5	7.8	6.4	4.1	4	6	5.3	5.9	10.8	10.7	16.1	5	11.6
$i86$	8.3	7.6	6.2	3.4	3.8	5.4	4.7	5.3	10.3	10.2	15.6	4.4	11
$i87$	8.4	6.7	6.3	3.6	3.9	5.6	4.9	5.5	10.4	10.2	15.6	4.6	11.1
$i88$	7.9	7.2	5.9	3.2	3.4	5.7	5	5.7	10.9	10.7	16.1	4.8	11.6
$i89$	8.8	6.4	6.7	3.3	4.3	5.3	4.6	5.1	10.1	9.9	15.3	4.2	10.8
$i90$	8.2	7.5	6.1	3	3.7	5.4	4.8	5.5	10.5	10.3	15.7	4.6	11.2
$i91$	9.2	6.5	7	3.4	4.4	5.2	4.5	4.9	9.8	9.7	15.1	4	10.5
$i92$	9	6.1	6.6	3.1	4	5.5	4.8	5.6	10.5	10.4	15.8	4.7	11.2
$i93$	8.4	6.4	6.3	2.8	3.8	5.2	4.6	5.3	10.9	10.3	15.7	4.4	11.2
$i94$	8.6	5.6	6.1	2.6	3.5	5	4.3	4.9	9.8	9.7	15.1	4	10.6
$i95$	8.9	5.9	6.4	2.7	3.7	4.6	3.9	4.3	9.2	9.1	14.5	3.4	10
$i96$	8.2	5.2	5.7	2.2	3.1	4.1	3.5	4	9	8.8	14.2	3.1	9.7
$i97$	8.3	5.3	5.7	2.2	3.2	4.5	3.8	4.4	9.3	9.2	14.6	3.5	10.1
$i98$	8.2	5.2	5.7	2.2	3.1	3.9	3.2	3.6	8.5	8.4	13.8	2.7	9.3
$i99$	8.2	5.2	5.6	2.1	3.1	4.1	3.4	3.8	8.8	8.6	14	2.9	9.5
$i100$	7.5	4.5	5	1.5	2.4	3.9	3.1	4.1	9	8.9	14.3	3.2	9.7
$i101$	8.9	5.9	6.4	2.9	3.8	4.6	3.9	2.2	9.6	9.5	14.5	3.4	10
$i102$	9.9	7	7.4	3.9	4.8	5.6	5	0.12	7.8	7.6	13	2	8.5
$i103$	8.6	5.6	6.1	2.6	3.5	4.3	3.6	4	8.9	8.8	14.2	3.1	9.7

ภาคผนวก ง

ตารางคำนวณระยะทางรวมทั้งหมดในการอพยพรถยนต์ไปยังจุดจอดที่ทางเทศบาลนครหาดใหญ่
เปิดให้บริการ 13 จุดจอด และจุดจอดอื่น ๆ

ตารางที่ ง.1 จำนวนแบบสอบถามในการลงพื้นที่กรณีศึกษา ในการอพยพรถยนต์ของแต่ละชุมชนไป
ยังจุดอพยพรถยนต์ทั้งหมด 31 จุดจอด

จุด อพยพ รถยนต์	ชุมชน	บึงสี เอ็กคิธา	บ้านเพื่อน (แถวสนามบิน)	ชั้นสองของตลาดสดตลาดเช้า	สะพานสังข์กุล	ถนนประชาธิปไตย	วิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม	องค์การบริหารส่วนตำบลน้ำน้อย	โรงพยาบาลศิริรินทร์หาดีใหญ่	สำนักงานเทศบาลนครหาดีใหญ่	นากลัยเพลส คอนโดมิเนียม	ศูนย์ไปรษณีย์ควนลิ่ง	สะพานเขต8	...	ที่ว่าการอำเภอควนเนียง	ที่ว่าการอำเภอระโนด	องค์การบริหารส่วนตำบล หุ่งใหญ่
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	...	29	30	31
i1		0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i4		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i5		1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i6		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i7		2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i8		0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i9		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i10		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i11		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i12		1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	...	0	0	0
i13		0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i14		0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i15		0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i16		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i17		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i18		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i19		0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	...	0	0	0
i20		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	...	0	0	0
i21		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i22		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i23		0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i24		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	...	0	0	0
i25		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
...	
i101		0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	...	0	0	0
i102		0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i103		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	...	0	0	0

ตารางที่ ง.2 ตารางที่ 4.11 การคำนวณขนาดประชากรจริง (ครัวเรือน) จากขนาดกลุ่มตัวอย่าง
(แบบสอบถาม)

จุด อพยพ รถยนต์	ชุมชน	บ้านพัก	บ้านเพื่อน (แถวสนามบิน)	ชั้นสองของตึกสหคตพลาซ่า	สะพานสังข์กุล	ถนนประชาธิปไตย	วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่	องค์การบริหารส่วนตำบลน่าน้อย	โรงพยาบาลศิรินครินทร์หาดใหญ่	สำนักงานเทศบาลนครหาดใหญ่	นمایشเพลส คอนโดมิเนียม	...	ที่ว่าการอำเภอควนเนียง	ที่ว่าการอำเภอระโนด	องค์การบริหารส่วนตำบล ห้วยใหญ่
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...	29	30	31
i1	0	0	0	0	0	164	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i5	164	0	0	0	0	164	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i6	164	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i7	329	164	0	0	164	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i8	0	0	0	0	0	164	164	0	0	0	0	...	0	0	0
i9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i10	164	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i12	164	0	0	0	0	0	0	164	0	0	0	...	0	0	0
i13	0	164	0	164	0	164	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i14	0	0	0	0	0	329	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i15	0	0	0	164	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i19	0	0	0	0	164	0	0	0	164	0	0	...	0	0	0
i20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164	0	...	0	0	0
i21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i22	0	164	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i23	0	0	164	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i25	0	0	0	0	164	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
...
i101	0	0	0	0	0	0	0	159	0	0	0	...	0	0	0
i102	0	0	0	159	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0

ตารางที่ ง.3 จำนวนรถยนต์ของแต่ละชุมชนในการอพยพรถยนต์ไปยังจุดอพยพ 31 จุดจอด

จุด อพยพ รถยนต์	ชุมชน															
	บ้านชี เอ็กคิรา	บ้านเพื่อน (แถวสนามบิน)	ชั้นสองของตลาดสดตลาดเช้า	สะพานสี่จุดจอด	ถนนประชาธิปไตย	วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่	องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านน้อย	โรงพยาบาลศิรินครินทร์หาดใหญ่	สำนักงานเทศบาลนครหาดใหญ่	นภาลัยเพลส คอนโดมิเนียม	ศูนย์ไปรษณีย์ควนลัง	สะพานเขต8	...	ที่ว่าการอำเภอควนเนียง	ที่ว่าการอำเภอระโนด	องค์การบริหารส่วนตำบล พังใหญ่
ชุมชน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	...	29	30	31
i1	0	0	0	0	0	229	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i5	229	0	0	0	0	229	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i6	229	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i7	458	229	0	0	229	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i8	0	0	0	0	0	229	229	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i10	229	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i12	229	0	0	0	0	0	0	229	0	0	0	0	...	0	0	0
i13	0	229	0	229	0	229	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i14	0	0	0	0	0	458	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i15	0	0	0	229	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i19	0	0	0	0	229	0	0	0	229	0	0	0	...	0	0	0
i20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	229	0	0	...	0	0	0
i21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i22	0	229	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i23	0	0	229	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	229	229	...	0	0	0
i25	0	0	0	0	229	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i26	229	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i27	0	0	458	0	0	0	0	0	229	0	0	0	...	0	0	0
...
i101	0	0	0	0	0	0	0	218	0	0	218	0	...	0	0	0
i102	0	0	0	218	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
i103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	218	...	0	0	0

ตารางที่ ง.4 ระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างชุมชนไปยังจุดอพยพอื่น ๆ

จุด อพยพ รถยนต์ ชุมชน	บึงสี เอ็กตรา	บ้านเพื่อน (แถวสนามบิน)	ชั้นสองของตาดสตปลาซ่า	สะพานสีจตุล	ถนนประชาธิปไตย	วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่	องค์การบริหารส่วนตำบลน้ำน้อย	โรงพยาบาลศิรินครินทร์ใหญ่	สำนักงานเทศบาลนครหาดใหญ่	มกาลัยเพลส คอนโดมิเนียม	ศูนย์ไปรษณีย์ควนลิง	สะพานงต8	...	ที่ว่าการอำเภอควนเนียง	ที่ว่าการอำเภอระโนด	องค์การบริหารส่วนตำบลทุ่งใหญ่
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	...	29	30	31
i1	4.4	27.5	6.9	6.3	5.3	1.7	4.5	5.9	6.1	7.3	15.5	7.2	...	30.3	99.4	7.9
i2	3.6	26.5	6.1	5.4	4.3	0.9	5.0	5.0	5.2	6.3	12.9	6.3	...	30.8	100.0	8.4
i3	3.6	27.2	5.9	5.4	4.8	1.6	5.7	4.9	5.0	5.9	12.2	6.1	...	29.8	101.0	9.1
i4	2.1	24.9	4.5	5.0	2.8	2.3	6.5	4.6	3.7	4.6	14.3	4.8	...	29.4	101.0	9.9
i5	1.4	25.1	3.7	4.5	2.6	3.6	7.8	4.0	2.9	3.8	9.9	4.0	...	28.9	103.0	11.2
i6	0.8	23.7	2.7	3.5	1.6	3.9	8.0	3.0	1.9	2.8	8.9	3.0	...	28.5	103.0	11.4
i7	0.7	23.5	2.5	3.3	2.1	4.5	8.7	2.8	1.7	2.6	8.8	2.8	...	28.3	104.0	12.1
i8	1.1	23.8	2.6	3.2	2.4	4.9	9.1	2.9	1.7	2.7	8.8	2.8	...	28.7	104.0	12.5
i9	1.6	24.0	2.8	2.7	3.2	3.9	8.1	2.1	1.9	3.7	9.1	3.1	...	27.2	103.0	11.5
i10	2.5	24.5	3.2	2.4	4.0	4.5	8.7	2.0	2.3	4.3	9.5	3.5	...	26.8	102.0	12.1
i11	2.6	25.2	2.8	1.7	3.9	4.8	8.3	1.3	2.1	4.2	10.2	3.4	...	26.1	102.0	11.7
i12	2.4	24.3	3.1	2.4	3.9	4.3	8.5	2.0	2.2	4.2	9.3	3.4	...	26.8	102.0	11.9
i13	2.5	24.9	2.6	1.5	3.8	5.0	8.8	0.9	1.6	4.1	9.9	2.9	...	25.9	103.0	12.2
i14	2.5	24.3	2.0	1.0	3.7	5.5	9.4	0.4	1.2	4.0	8.3	2.3	...	26.0	104.0	12.8
i15	2.0	23.5	2.3	2.0	3.3	5.2	9.3	1.4	1.3	3.6	8.6	2.6	...	26.6	103.0	12.7
i16	1.8	22.9	1.7	1.5	3.1	5.3	9.4	1.0	0.7	3.4	7.9	2.0	...	26.7	104.0	12.8
i17	1.4	33.0	1.8	1.7	2.8	5.3	9.4	1.2	0.9	3.0	8.1	2.1	...	27.4	104.0	12.8
i18	1.6	22.3	1.1	1.4	3.0	5.5	9.6	1.0	0.3	3.2	7.4	1.4	...	27.2	104.0	13.0
i19	2.0	22.4	0.7	1.4	3.1	5.9	10.0	1.1	0.6	3.6	7.4	1.4	...	27.2	105.0	13.4
i20	2.6	22.9	0.7	0.9	3.5	6.3	10.6	1.2	1.1	3.5	7.9	1.9	...	27.1	105.0	13.9
i21	2.4	22.8	1.1	0.8	3.7	6.0	10.2	0.7	1.0	3.8	7.8	1.8	...	27.1	105.0	13.6
i22	2.8	23.7	1.6	0.5	4.2	6.2	10.0	0.5	1.4	4.4	8.8	2.2	...	26.8	104.0	13.4
i23	2.9	24.3	1.6	0.5	4.0	6.2	10.0	0.3	1.4	4.5	8.2	2.3	...	26.6	104.0	13.4
i24	3.2	24.6	1.9	0.9	4.5	5.5	9.3	0.7	1.7	4.8	9.6	2.6	...	25.9	103.0	12.7
i25	3.1	24.0	1.4	0.3	4.4	6.0	9.8	0.8	1.6	4.7	9.0	2.5	...	26.4	104.0	13.2
i26	2.0	22.3	1.0	1.7	3.3	5.8	10.0	1.2	0.6	3.1	7.3	1.3	...	27.3	105.0	13.3
i27	2.4	22.1	0.0	1.3	2.9	6.2	10.4	1.6	1.0	2.9	7.2	1.3	...	27.6	105.0	13.8
...
i101	4.8	21.3	3.0	4.3	4.6	8.6	12.8	4.1	3.4	4.2	6.3	2.1	...	29.2	108.0	14.8
i102	5.8	19.8	4.0	5.3	5.6	9.6	13.8	5.1	4.4	5.2	4.8	3.1	...	30.2	109.0	15.8
i103	4.5	21.0	2.7	3.9	4.3	8.3	12.5	3.7	3.1	3.9	6.0	1.8	...	28.1	108.0	14.4

ตารางที่ ง.5 คำนวณระยะทางที่สั้นที่สุดในการอพยพรถยนต์จากชุมชนต่าง ๆ ไปยังจุดอพยพอื่น ๆ

จุด อพยพ รถยนต์ ชุมชน	บัส เอ็กสเพรส	บ้านเพื่อน (แถวสนามบิน)	ชั้นสองของตึกลาดพร้าว	สะพานสีจตุล	ถนนประชาธิปไตย	วิทยาลัยเทคโนโลยี	องค์การบริหารส่วนตำบลน้ำน้อย	โรงพยาบาลศิริราช	สำนักงานเทศบาลนครหาดใหญ่	...	ท่าอากาศยานดอนเมือง	ท่าอากาศยานกระบี่	องค์การบริหารส่วนตำบลทุ่งใหญ่
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	29	30	31
i1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	389.16	0.00	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00
i2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00
i3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00
i4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00
i5	320.48	0.00	0.00	0.00	0.00	824.10	0.00	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00
i6	183.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00
i7	320.48	5379.55	0.00	0.00	480.73	0.00	0.00	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00
i8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1121.69	2083.15	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00
i9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00
i10	572.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00
i11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00
i12	549.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	457.83	0.00	...	0.00	0.00	0.00
i13	0.00	5700.03	0.00	343.38	0.00	1144.59	0.00	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00
i14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2518.09	0.00	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00
i15	0.00	0.00	0.00	457.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00
i16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00
i17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00
i18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00
i19	0.00	0.00	0.00	0.00	709.64	0.00	0.00	0.00	137.35	...	0.00	0.00	0.00
i20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00
i21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00
i22	0.00	5425.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00
i23	0.00	0.00	366.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00
i24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00
i25	0.00	0.00	0.00	0.00	1007.24	0.00	0.00	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00
i26	457.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00
i27	0.00	0.00	4.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	228.92	...	0.00	0.00	0.00
i28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00
...
i101	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	895.51	0.00	...	0.00	0.00	0.00
i102	0.00	0.00	0.00	1157.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00
i103	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00

ภาคผนวก จ

แผนอพยพรถยนต์ที่เลือกนำมาใช้ (ทางเลือกที่ 3) เมื่อเกิดอุทกภัยในเทศบาลนครหาดใหญ่

ตารางที่ จ.1 แผนการอพยพรถยนต์จากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ของ
ทางเลือกที่ 3

พื้นที่ ศึกษา	ลำดับ (i)	ชื่อชุมชน	จุดอพยพรถยนต์ของทางเลือกที่ 3 (j)
เขต 1	i1	หน้าสวนสาธารณะ	j38
	i2	ทักษิณเมืองทอง	j38
	i3	สุภาพอ่อนหวาน	j38, j44
	i4	หน้าค่ายเสนาณรงค์	j38
	i5	ภาสว่าง	j59
	i6	อู่ ท.ส.	j59
	i7	พรุแม่สอน	j38, j59, j60
	i8	กอบกาญจน์ศึกษา	j1
	i9	แม่ลิเตา	j55
	i10	คลองเตย	j55
	i11	โรงปูน	j55
	i12	อนุสรณ์อาจารย์ทอง	j55
	i13	สามัคคี	j55
	i14	หน้าโรงพยาบาลศิริรินทร์	j54
	i15	เกาะเสือ	j55
	i16	หลังสนามกีฬากลาง	j55
	i17	หลังโรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย	j55
	i18	ศรีนิล	j55
	i19	หมัดยาเม้าะ	j54
	i20	ป้อม 6	j54
	i21	หน้าสนามกีฬากลาง	j54
	i22	โรงเรียนชาตรี	j54
	i23	ศิริรินทร์	j50, j54

ตารางที่ จ.1 แผนการอพยพรถยนต์จากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ของ
ทางเลือกที่ 3 (ต่อ)

พื้นที่ ศึกษา	ลำดับ (i)	ชื่อชุมชน	จุดอพยพรถยนต์ของทางเลือกที่ 3 (j)
	i24	รัชการ	j25, j54
	i25	ริมทางรถไฟ	j54
	i26	มุสลิม	j54
	i27	หอนาฬิกา	j49, j54
	i28	ตลาดคอมแพล็กซ์	j17, j54
เขต 2	i29	บ้านพักรถไฟ	j4, j35, j52
	i30	ศาลเจ้าพ่อเสือ	j52
	i31	ตลาดใหม่	j33, j34
	i32	กิมหยงสันติสุข	j12
	i33	พระเส่นหา	j12
	i34	ป้อม 4	j15, j45
	i35	แสงศรี	j1, j3
	i36	สวนศิริ	j54
	i37	จิระนคร	j5, j44
	i38	ท่งเขียเชียงตั้ง	j2, j45
	i39	ประชาธิปไตย	j45
	i40	สามชัย	j1, j14
	i41	หน้าโรงเรียนญว.	j36, j55
	i42	ชุมอุทิศ	j1
	i43	โรงพยาบาลกรุงเทพ	j1
	i44	บ้านจำ	j20, j44, j45
	i45	ตรุณศึกษา	j44
	i46	กลางนา	j1

ตารางที่ จ.1 แผนการอพยพรถยนต์จากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ของ
ทางเลือกที่ 3 (ต่อ)

พื้นที่ ศึกษา	ลำดับ (i)	ชื่อชุมชน	จุดอพยพรถยนต์ของทางเลือกที่ 3 (j)
	i47	หน้าโรงเรียนโสตศึกษา	j1, j36, j38
	i48	หัวนาหัก	j2
	i49	ซีกิมหยง	j7, j51
	i50	ละม้ายสงเคราะห์	j2
	i51	คลองเรียน	j2, j16, j23, j31, j37, j47, j51
	i52	บ้านร่มเย็น	j1
	i53	ทุ่งคลองเรียน	j37
	i54	ตลาดคลองเรียน	j2, j43
	i55	มอ.-คลองเรียน ๑	j2
เขต 3	i56	ริมควน	j48
	i57	คลองระบายน้ำที่ 1	j39
	i58	เทศาพัฒนา	j35
	i59	ตลาดพ่อพรหม	j34
	i60	ศาลาลุงทอง	j8, j35
	i61	หลังที่ว่าการอำเภอ	j35
	i62	บ้านหาดใหญ่	j12, j39, j58
	i63	ท่าเคียน	j33, j52
	i64	ดีแลนด์-ไทยเจริญ	j33
	i65	ปลักกริม	j52
	i66	จันทร์ประทีป	j33
	i67	จันทร์วิโรจน์	j33
	i68	รัตนวิบูลย์	j52
	i69	จันทร์นิเวศน์	j34

ตารางที่ จ.1 แผนการอพยพรถยนต์จากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ของ
ทางเลือกที่ 3 (ต่อ)

พื้นที่ ศึกษา	ลำดับ (i)	ชื่อชุมชน	จุดอพยพรถยนต์ของทางเลือกที่ 3 (j)
	i70	ทุ่งเสา	j6, j19, j33, j37, j41
	i71	อู่ญี่ปุ่น	j37
	i72	ขนส่ง	j41
	i73	หน้าวัดคลองเรียน	j37, j46
	i74	สามแยกคลองเรียน	j22, j37
	i75	ผาสุก-เคียงดาว	j21, j24, j26, j41
	i76	ไทยไฮเต็ล	j33
	i77	หน้าสถานีรถไฟ	j35, j39
	i78	หลังโรงพัก	j9, j13, j39, j48
	i79	หลังอู่รถไฟ	j8
	i80	ประชากรราษฎร์อุทิศ	j35
	i81	แฟลตเคหะใหม่	j10, j18, j33
	i82	แฟลตการเคหะเก่า	j3
เขต 4	i83	ท่าไทร	j39
	i84	สถานีอู่ตะเภา	j39
	i85	ตันโต	j57
	i86	หน้าโรงเหล้าสรรพสามิตร	j56
	i87	สี่จุกุล	j56, j57
	i88	รัชมังคลาภิเษก	j39, j54
	i89	บ้านฉาง	j57
	i90	สามทหาร	j39
	i91	บางหัก	j58
	i92	เกาะเลียบ	j39

ตารางที่ จ.1 แผนการอพยพรถยนต์จากชุมชนทั้งหมด 103 ชุมชน ไปยังจุดอพยพรถยนต์ของ
ทางเลือกที่ 3 (ต่อ)

พื้นที่ ศึกษา	ลำดับ (i)	ชื่อชุมชน	จุดอพยพรถยนต์ของทางเลือกที่ 3 (j)
	i93	รัตนอุทิศ	j57
	i94	สถานี 2	j39
	i95	มงคลहरราช	j33
	i96	บ้านกลาง	j57
	i97	โชคสมาน	j56
	i98	หน้าอำเภอ	j9
	i99	ราษฎร์อุทิศ	j32, j57, j58
	i100	วัดโคกสมานคุณ	j13
	i101	วัดหาดใหญ่โน	j58
	i102	สถานีขนส่งหาดใหญ่โน	j57
	i103	หัวพานรถไฟ	j33

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล	จรัสสุข พานิชกุล	
รหัสประจำตัวนักศึกษา	5710120015	
วุฒิการศึกษา		
วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เทคโนโลยีวัสดุและบรรจุภัณฑ์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2555

ทุนการศึกษา

- ทุนบัณฑิตศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ปีการศึกษา 2557
- ทุนอุดหนุนวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

Jirasuk Panitchkul, Sakesun Suthummanon, Wanatchapong Kongkaew and Sirirat Suwatcharachaitiwong “Cars Evacuation Plan in the Event of Flooding: A Case Study of Urban Hat Yai Songkhla Province” 7th International Conference on Operations and Supply Chain Management 2016, Phuket Thailand